

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OKALİPTÜS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve *E. grandis* W.
Hill ex Maiden) AĞAÇLANDIRMALARI İÇİN UYUMLU ÇAP VE
HACİM DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Mehmet Fatih GÖÇERİ

**Danışman
Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2015**

© 2015 [Mehmet Fatih GÖÇERİ]

TEZ ONAYI

Mehmet Fatih GÖÇERİ tarafından hazırlanan "**Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden) Ağaçlandırmaları için Uyumlu Çap ve Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK Süleyman Demirel Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Yılmaz ÇATAL Süleyman Demirel Üniversitesi
Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. Özdemir ŞENTÜRK Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Mehmet Fatih GÖÇERİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Okaliptüs (<i>E. Camaldulensis</i> ve <i>E. grandis</i>)'e ilişkin genel bilgiler	7
1.1.1. Okaliptüs Hakkında Gelen Bilgiler	7
1.1.1.1. Okaliptüsün Doğal Yayılış Alanı	7
1.1.1.2. Türkiye'de Okaliptüs	8
1.1.2. Okaliptüsün Botanik Özellikleri	9
1.1.2.1. Yaprak Şekilleri.....	10
1.1.2.2. Vejetatif Tomurcuklar	10
1.1.2.3. Çiçek Tomurcukları ve Çiceklenme.....	11
1.1.2.4. Olgunlaşmamış Meyve	13
1.1.2.5. Olgun Meyve.....	13
1.1.3. Ekolojik İstekleri ve Tesisi.....	14
1.1.3.1. Toprak.....	14
1.1.3.2. Tesis	14
1.1.3.3. Orijin	15
1.1.4. Okaliptüsün Kullanım Alanları	16
1.1.4.1. Okaliptüsten Elde Edilen Tali Ürünler	18
1.2. Gövde Profili Modellerin Sınıflandırılması.....	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. Materyal.....	31
3.2. Yöntem	34
3.2.1. Gövde çapı modelleri	34
3.2.2. İstatistiksel analiz	36
3.2.3. Model Performanslarının Değerlendirmesinde Ölçütler	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Gövde çapı ve ticari hacim denklemlerine ilişkin bulgular	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OKALİPTÜS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden) AĞAÇLANDIRMALARI İÇİN UYUMLU ÇAP VE HACİM DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet Fatih GÖÇERİ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Ağaçlara ilişkin hacim tahminleri, odun kaynağının sürdürülebilir yönetimi, bilimsel araştırma çalışmaları ve pratik ormancılık amaçları için gerekli ve yararlıdır. Ağaç hacim ve biyokütle tahminleri için en güvenilir yollardan birisi gövde çapı ve gövde hacim modelleridir. *Eucalyptus grandis* (*Eucalyptus grandis* W.Hill Ex Maiden) ve *Eucalyptus camaldulensis* (*Eucalyptus grandis* Dehn.) Türkiye'nin önemli endüstriyel plantasyonlarından ve orman ürünleri sanayinin de önemli hammadde kaynaklarından da birisidir. Sürekli değişen pazar şartları, standartları karşılayacak doğru ve güvenilir çap ve hacim modellerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Maalesef, halen kullanılmakta olan hacim tabloları bu ihtiyacı karşılamak için yetersizdir. Bu çalışma ile Mersin-Tarsus yöresi Okalıptüs plantasyonları için 486 adet örnek ağaç kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla Fang vd. (2000) tarafından geliştirilmiş uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılmıştır. Hiyerarşik bir kümelenme gösteren verilerde, veri yapısında var olan otokorelasyonun ortadan kaldırılması için ikinci derece otoregresive hata yapısı kullanılmıştır. Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri çap ve ticari hacim tahminleri için başarılı sonuçlar vermiştir. Çap tahminlerindeki hata test verileri için 0.23 cm'den, gövde hacmindeki hatalarda 0.02 m³'den daha az bulunmuştur. Buna ilaveten gövde üzerindeki değişik noktalar için geliştirilen modellerin doğruluğunu ve güvenilirliğini belirlemek için çap sınıfları, boy sınıfları ve 10 farklı noktadaki çap ve hacim tahminleri yapılmıştır.

Farklı okalıptüs türlerinde, çap ve ticari hacim tahminleri için farklı gövde çapı modellerine ihtiyaç olup olmadığı *F-testi* ile ortaya konmuştur. Yapılan değerlendirmelerde, farklı okalıptüs türleri için farklı çap ve ticari hacim denklemlerinin kullanılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri kullanılarak okalıptüs türleri için ilgili yörede daha doğru çap ve hacim tahminleri yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Hacim Tahmini, Gövde çapı, Ticari boy, Ticari hacim, Okalıptüs

2015, 63 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF COMPATIBLE TAPER AND VOLUME EQUATIONS FOR EUCALYPTUS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn and *E. grandis* W. Hill ex Maiden) PLANTATIONS

Mehmet Fatih GÖÇERİ

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Determination of stem standing volume is very useful for both research and practical purposes in forestry, and contributes to the sustainable management of timber resources. Taper equations are the best way to estimate volume for saw timber and biomass purposes. Eucalyptus plantations (*Eucalyptus grandis* W.Hill Ex Maiden and *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) are major components of industrial plantations in Turkey and important raw material of forest products industry. With ever changing market conditions, there is a need to accurately estimate tree volumes utilizing multiple upper stem merchantability limits. This is not currently possible with the existing total stem volume tables for these three species. A merchantable volume system for Eucalyptus plantations in Tarsus-Mersin District was developed from data corresponding to 486 sampled trees. For this aim, we were used compatible stem taper and volume equations of Fang et al. (2000). A second-order continuous-time autoregressive error structure was used to correct the inherent autocorrelation in the hierarchical data. The proposed models generally performed better for Merchantable tree volume. The errors in diameter prediction and volume prediction are less than 0.23 cm and 0.02 m³ for validation dataset. To test the effectiveness of developed models more closely, estimates of stem diameter and merchantable volume estimation were evaluated by dbh class, height class, and at ten heights above ground level.

To test the differences of taper equations among different eucalyptus species, *F-test* was used. The non-linear extra sum of squares method indicated differences in eucalyptus species-specific taper equations. Therefore, for each species a separate set of parameters for taper equation that identifies the unique bole shape is needed.

Keywords: Volume prediction, Stem diameter, Merchantable height, Merchantable volume, Eucalyptus

2015, 63 pages

TEŞEKKÜR

Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden) ağaçlandırmaları için uyumlu çap ve hacim denklemlerinin geliştirildiği bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans dersleri ve arazi çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan, yol gösteren, çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında katkısını gördüğüm Sayın Hocam Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK'e, Arş. Gör. Onur ALKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde 1130814 Nolu Proje ile teze maddi destek sağlayan "TÜBİTAK" başta olmak üzere, arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen Orman Genel Müdürlüğüne ve bağlı birimi Mersin Orman Bölge Müdürlüğü idari, teknik ve yardımcı personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mehmet Fatih GÖÇERİ
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiyede Okalıptüs Dağılımını Gösteren Harita.....	9
Şekil 3.1. Gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan örnek ağaç ölçümleri	32
Şekil 3.2. <i>Eucalyptus grandis</i> (a) and <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (b) türleri için nisbi çap değerlerinin nisbi bot değerlerine dağılımı	33
Şekil 4.1. Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların çap sınıflarına dağılım grafiği.....	48
Şekil 4.2. Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların boy sınıflarına dağılım grafiği.....	49
Şekil 4.3. Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların boy sınıflarına dağılım grafiği.....	50
Şekil 4.4. Toplam ağaç hacmi için önerilen Fang vd (2000) modeli ile Okalıptüs grandis (a) ve Okalıptüs camaldulensis (b) ağaç hacim tablosu sonuçlarının karşılaştırılması.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Okaliptüs plantasyonlarının çap ve hacim modeli geliştirmek amacıyla ölçülen parametrelerine ilişkin nitelendirici istatistikler	34
Çizelge 4.1. İki farklı okaliptüs türü ve uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri için elde edilen parametre tahminleri	42
Çizelge 4.2. İki farklı okaliptüs türü ve uyumlu gövde çapı ve ticari gövde hacim denklemleri için ölçüt değerleri	43
Çizelge 4.3. Okaliptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin çap sınıfları itibariyle dağılımı	45
Çizelge 4.4. Okaliptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin boy sınıfları itibariyle dağılımı	46
Çizelge 4.5. Okaliptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin nisbi boy sınıfları itibariyle dağılımı	47
Çizelge 4.6. Farklı Okaliptüs türleri için Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli için F-testi sonuçları	51
Çizelge 4.7. Okaliptüs plantasyonları için önerilen Fang vd. (2000) modeli ile var olan çift girişli hacim talosu sonuçlarının karşılaştırılması	52

1. GİRİŞ

Ülkemiz ormancılık çalışmalarında, odun üretimi halen en önemli işletme amaçlarından biri konumundadır. Bu nedenle ağaç ve meşcerelerden elde edilebilecek odun sınıflarına ilişkin hacim miktarlarının doğru hesaplanması, orman amenajman planlarının düzenlenmesi ve orman ürünleri sanayisinin geleceğine ilişkin projeksiyonların yapılabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Özellikle son yıllarda orman ürünleri endüstrisindeki hızlı gelişim ve değişime bağlı olarak farklı nitelik ve standartlardaki orman ürünlerine olan toplumsal istek de artmıştır. Odun kökenli orman ürünlerine olan talebin karşılanmasında ve doğal ormanlar üzerindeki odun üretimi baskılarının azaltılabilmesinde en önemli görev endüstriyel plantasyonlara düşmektedir. Birler vd. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, ülkemizde gerekli tedbirler alınmaz ise, odun hammaddesi açığının giderek büyüyeceği ve bu talebin doğal ormalarımızdan karşılanması yoluna gidilirse bu kaynağın 25 yıl gibi kısa bir süre içerisinde tamamen tükeneceği ifade edilmektedir. Bu nedenle, doğal ormanlar dışında, odun hammaddesi talebini karşılamak üzere, yerli ve yabancı hızlı gelişen türler ile endüstriyel plantasyonların kurulmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır. Ülkemizde, bu amaçla değişik yörelerde başta Kızılçam olmak üzere hızlı gelişen ağaç türleri ile endüstriyel plantasyonların kurulmasına çalışılmıştır.

Bu bağlamda değerlendirilebilecek en önemli plantasyonların başında okaliptüs plantasyonları gelmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, diğer okaliptüs türlerine göre ülkemiz ekolojik koşullarına en iyi uyum sağlayan iki okaliptüs türünün (*E. camaldulensis* ve *E. grandis*) kullanılarak okaliptüs türünün kullanılarak endüstriyel plantasyonlar kurulmuş ve kurulmaktadır (Yıldızbakan vd., 2007). Ülkemizde, endüstriyel amaçlı ilk okaliptüs plantasyonu 1939 yılında Tarsus-Karaburçak'ta 885 ha'lık bir alanda yapılmıştır (Özkurt, 2000). Yıldızbakan vd. (2007) tarafından da bildirildiği gibi, bu okaliptüs plantasyonları Türkiye'nin plan, program ve prodüktif projelere dayalı ilk ağaçlandırmasıdır. Özkurt (2000); bu bölgede yaklaşık 10.000 ha civarında okaliptüs plantasyonunun var olduğu ve bu alan üzerindeki ağaç serveti miktarının 1.000.000 m³'ün üzerinde olduğunu ifade etmektedir. Bu durum okaliptüs

plantasyonlarını; özellikle odun hammaddesine dayalı olarak faaliyet gösteren sanayi kollarının artan hammadde ihtiyaçlarının karşılanması bakımından önemli bir kaynak durumuna getirmiştir. Bu alanlardan yıllık ortalama 500000 m³ civarında odun üretimi gerçekleştirilebileceği belirtilmektedir.

Gerek ülkemizde odun hammaddesi açığının azaltılması amacıyla tesis edilen plantasyonlarda, gerekse doğal ormanlarımızda sürdürmekte olduğumuz ormancılık faaliyetlerinde ve ormanların planlanması çalışmalarında, odun üretimi faaliyetleri önemini halen korumaktadır. Bu nedenle de, orman yöneticilerinin en önemli görevlerinden birisi; ağaç hacmi ve ağaç gövdesinden elde edilen odun sınıflarının hacim ve boyutlarının doğru bir şekilde hesaplanmasıdır (Yavuz, 1995). Ağaç ve ağaçlardan elde edilebilecek odun sınıflarına ilişkin hacim miktarlarının doğru hesaplanması, özellikle üretim amacıyla işletilecek orman alanlarının amenajman planlarının düzenlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 1999). Türkiye’de hemen hemen tüm ağaç türleri için ağaç hacim tabloları düzenlenmiş, bazı ağaç türleri (Doğu Ladini, Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Gökmar, Sedir ve Kayın) için de göğüs çapına bağlı olarak, ağaçlardan elde edilen odun çeşitleri ve bunların gövde hacmi içindeki oranlarını ortalama olarak veren tablolar düzenlenmiştir (Sun vd., 1978).

Ülkemizde okaliptüs plantasyonlarında da hasılat çalışmaları yürütülmüş (Birler vd., 1995; Yıldızbakan vd., 2007) ve bu kapsamda her iki okaliptüs türü içinde ağaç hacim tabloları (Özkurt, 2000; Yıldızbakan vd., 2007) düzenlenmiştir. Ancak uzun uğraşlar sonucu hazırlanan çift girişli ağaç hacim tabloları; orman ürünleri endüstrisinin sürekli değişen farklı standartlardaki orman ürünleri ihtiyacına ilişkin hacim tahminlerinde yetersiz kalmaktadır (Özçelik ve Brooks, 2012; Rodriguez-Soalleiro, 1997). Diğer yandan bu tabloların geliştirilmesinde yöresel iklim ve yetişme ortamı şartları gibi ekolojik özellikler dikkate alınmamıştır. Bu nedenle de; bu hacim tablolarının ilgili ağaç türünün yayılış gösterdiği farklı yörelerde kullanımı, ağaç gövde hacim tahminlerinde hatalı sonuçlara yol açabilmektedir.

Diğer yandan, son yıllarda ülkemizde amenajman planlarının düzenlenmesinde ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımı benimsenmiştir (Anonim, 2008). Bu yeni planlama yaklaşımı gerek bölgesel, gerekse ulusal bazlı planlama çalışmalarında doğal ya da plantasyon ormanlarına ilişkin güncel ve güvenilir bilgilere ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle; odun kaynaklarının rasyonel olarak yönetimi için, değişik yararlanma alternatifleri ve çok farklı yönetim uygulamaları için tek ağaç hacminin en doğru şekilde belirlenmesine olanak veren esnek ve güvenilir hacim tahmin metotlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Jiang vd. (2005), günümüzün değişen ürün ve pazar standartlarını karşılayacak hacim ve gövde çapı tahminleri için en doğru yaklaşımlardan birinin uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri olduğunu belirtmektedir. Ağaç gövde hacim tahminlerinde, gövde çapı modellerinin kullanımı son yıllarda oldukça popüler olmuştur.

Gövde Profili Modelleri; göğüs çapı ve ağaç boyu ile bu iki değişkenden türetilen diğer türevsel değişkenler yardımıyla,

- i. Bir ağaç gövdesinin herhangi bir yüksekliğindeki gövde çapını,
- ii. Herhangi bir gövde çapı değerinin gövdenin yerden ne kadar yüksekliğinde yer aldığını,
- iii. Toprak seviyesinden belirlenen herhangi bir yüksekliğe kadar olan gövde bölümünün hacmini,
- iv. Toplam gövde hacmini,
- v. Bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacimlerini,
- vi. Gövde üzerinde belirlenen herhangi iki çap değeri ya da uzunluk arasındaki gövde bölümünün hacminin hesaplanması için geliştirilen modellerdir (Yavuz, 1995; Kozak, 2004).

Ancak, Türkiye, ağaç türü çeşitliliği ve meşcere kuruluşları bakımından çok zengin bir ülke olmasına karşın, ağaç türleri ve meşcere yapılarına bağlı olarak elde edilebilecek odun çeşitlerinin tahmin edilmesinde kullanılan temel altlıklardan biri olan gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve kullanımı bakımından yeterli bilgi düzeyine ulaşamamıştır. Li vd. (2012) tarafından da belirtildiği gibi, gövde çapı modelleri tür temellidir ve çap tahminlerinde

modellerin başarısı ağaç türüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle her tür ve bu türün farklı yetiştirme ortamları için ayrı model parametrelerinin tahmin edilmesinin zorunlu olduğu ifade edilmektedir (Sharma ve Zhang 2004).

Yüz yılı aşkın bir süredir en basitinden çok karmaşık model formlarına kadar çok sayıda gövde çapı modeli geliştirilmiştir (Behre, 1923; Kozak vd., 1969; Max ve Burkhart, 1976; Clark vd., 1991; Zakrzewski, 1999; Fang vd., 2000; Jiang vd., 2005; Kozak, 1988 ve 2004; Jordan vd., 2005). Newnham (1988)'e göre gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların her geçen gün artmasının iki temel sebebi vardır. Birincisi; bütün ağaç türleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teorinin bulunmaması, ikinci ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak değişen odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesidir. Bu nedenle gövde çapı modelleri bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Çünkü basit bir gövde çapı modeli ile hem toplam gövde hacminin hem de ticari hacmin belirlenmesi oldukça kolaydır. Gövde çapı modelleri, genel olarak tek bir ağaç türü veya birkaç tür grubu için geliştirilmiştir. Ormancılık çalışmalarında iki grup gövde çapı modelinin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir (Fang vd., 2000). Bunlardan ilki değişken şekil çap modelleridir. Bu modellerde bir ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir (Newnham, 1988; Kozak, 1988; Perez vd., 1990). Ancak bu model formunun bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olmasıdır. İkinci grup ise; parçalı-gövde çapı (Segmented-polynomial) modelleridir. Bu modeller farklı ağaç bölümlerinin çap düşüşlerini farklı denklem formları kullanılarak tanımlamaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, parçalı gövde çapı modellerinin, diğer gövde profili modellerine göre daha üstün oldukları görülmüştür (Martin, 1981; Parresol vd., 1987; Clark vd., 1991; Figueiredo-Filho vd., 1996; Jiang, 2004; Dieguez-Aranda vd., 2006). Bu gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine göre önemli bir üstünlüğü de, gövde çapı modellerinin hacim hesaplamaları için kolaylıkla hacim denklemlerine dönüştürülebilir olmasıdır (Fang vd., 2000).

Farklı formlardaki gövde çapı modelleri arasından en uygun modelin seçilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla bazı kriterler ortaya konmuştur.

Bunlar;

- Gövde çapı modeli basit, orman yöneticisinin ihtiyaç duyabileceği ve değişik nitelikteki orman ürünlerinin hacmini tahmin etmesine imkân verebilecek şekilde olmalıdır.
- Regresyon denkleminin katsayıları kolaylıkla tahmin edilebilmelidir.
- Denklem kolaylıkla uygulanabilmelidir.
- Denklemden kullanılacak bağımsız değişkenler (çap, vb.) kolaylıkla ölçülebilmelidir.
- Denklemin kullanılabilmesi için geniş bir alanda test edilmiş olması gerekmektedir.

Bilindiği gibi ağaçlardan maden direği, tel direği, sanayi odunu ve tomruk gibi odun çeşitleri elde edilmekte ve bu ürünler boyutları ve fiyatları bakımından oldukça farklılık göstermektedir. Bu nedenle gövdenin toplam hacmine ek olarak, gövdeden üretilebilecek odun çeşitlerinin de hacminin ve değerinin bilinmesi gerekir. Özellikle son yıllarda orman ürünleri sanayiinde bu türden materyalinde yoğun olarak kullanılmaya başlaması, ilgili orman ürünleri sanayinin, ağaçlar kesilmeden önce de bir ağaçtan elde edilebilecek ve farklı standartları karşılayacak ürünlerin boyut ve niteliklerinin bilinmesi istenmiş ve gövde hacimlerinin yanında uygun standartlara ilişkin hacimlerin bilinmesi için çözüm yolları aranmaktadır.

“Hacim Oran Denklemleri” oluşturulan ilk çalışmalar arasında yer almaktadır. Hacim oran denklemleri ile gövdenin yerden herhangi bir yüksekliğe kadar olan bölümüne ilişkin hacminin gövdenin toplam hacmine oranı hesaplanmaktadır. Ancak, hacim oran denklemleri ile toprak seviyesinden tepeye doğru gövde çapındaki azalış miktarı ya da gövdenin yerden herhangi bir yükseklikteki çap değeri sayısal olarak hesaplanamadığından gövdeden üretilebilecek odun çeşitlerinin boyutları da belirlenememektedir. Buna karşın, hacim oran denklemleri ile çatallanmanın çok olduğu türlerde, yerden çatal oluşumuna kadar olan, diğer bir ifadeyle gövdenin en kalın ve düzgün bölümünün hacmi

doğrudan hesaplanabilmektedir. Oysa ağaç hacim denklemleri ile gövdenin belirli bir bölümüne ilişkin hacim değerleri hesaplanamamakta yalnız gövdenin tamamının hacmi elde edilmektedir (Yavuz, 1995; Sakıcı, 2002).

Yukarıda da anlatıldığı gibi, ağaç hacim denklemleri bir gövdenin tamamının hacmini, hacim oran denklemleri ise, yerden belirlenen bir yüksekliğe kadar olan bölümünün hacmini hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu denklemler ile ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerinin gerek çap ve boyutlarını ve gerekse hacimlerini tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle günümüzde “Gövde Profili Denklemleri (Stem Profile Equations)” ya da “Gövde Çapı Denklemleri (Stem Tamer Equations)” olarak adlandırılan modeller, bu amaçları gerçekleştirmek amacıyla oluşturulmuşlardır (Yavuz, 1995; Sakıcı, 2002).

Bir gövde çapının denkleminin dip kütük ile tepe noktası arasındaki integrali alındığında, elde edilen hacim, toplam gövde hacmine; dip kütük ile gövdenin belirli yükseklikleri arası için integrali alındığında elde edilen hacim, hacim oran denklemi ile hesaplanan hacme eşit oluyorsa böyle denklemlere “uyumlu gövde çapı denklemi” ismi verilmektedir (Demaerschalk, 1972).

Gövde çapı modelleri ile gövdenin tamamının hacmi ile standartları ne olursa olsun gövdeden elde edilebilecek odun sınıfına ilişkin boyut (çap ve boy) ve hacim değerlerinin doğrudan hesaplanabilmesi nedeniyle ağaç hacim tabloları yerine, bu tablolardan daha ayrıntılı bilgiler veren ve düzenlenebilmeleri için ek veri gerektirmeyen gövde profili modellerinin tüm ağaç türlerimiz için oluşturulması gerekir.

Ülkemizde, Brooks vd. (2008) ve Özçelik ve Brooks (2012) tarafından yapılan çalışmalar dışındaki çalışmalarda, gövde çapı modelleri yardımı ile toplam gövde hacmi ya da ticari gövde hacmi tahminleri yapılmamıştır. Bu amaçla bu çalışmada, Tarsus Yöresi Okaliptüs plantasyonları (*Eucalyptus grandis* ve *E. Camaldulensis*) için Fang vd (2000) tarafından geliştirilmiş olan parçalı gövde çapı modeli kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bununla

birlikte, envanter maliyetlerinden tasarruf edebilmek ve iki tür içinde aynı ticari hacim denkleminin kullanılabilir olup olmadığını araştırmak amacıyla doğrusal olmayan ekstra kareler yöntemi kullanılarak her tür için ayrı model parametrelerinin gerekli olup olmadığı araştırılmıştır.

1.1. Okalıptüs (*E. Camaldulensis* ve *E. grandis*)'e ilişkin genel bilgiler

1.1.1. Okalıptüs Hakkında Gelen Bilgiler

1.1.1.1. Okalıptüsün Doğal Yayılış Alanı

Okalıptüsler, Avusturalya kıtasının en yaygın ağaç türüdür. Bununla birlikte bazı türleri Papua Yeni Gine' de, Endonezya Takım Adalarının doğu kısmında ve Filipinler' in Mindanao adasında doğal olarak yetişmektedir.

Adalı (1944)' ya göre, tebeşir devrinde ve üçüncü devirde Avrupa' da bulunduğunu, Almanya' da görölen taşlar üzerinde yaprak ve tohumlarının resimlerle saptandığını ve Grönland' da okalıptüs fosillerinin saptandığını ifade etmektedir. Bitkisel sistemattikteki yeri XVII. yüzyılda Fransız bir botanikçi tarafından belirlenmiş ve yine Fransızlar dünyaya tanıtılmasında en büyük rolü oynamışlardır. Fransızlar 1850' li yıllarda Cezayir' de adaptasyon denemelerine başlamışlardır (Adalı, 1944). Bu adaptasyon denemelerinden sonra Cezayir' de ve Fransa' nın güney kesimlerinde hızla yayılmıştır.

Okalıptüs doğal yayılış alanında hızlı gelişen bir tür değildir (Işıklı, 1954). Hatta Avusturalya' da birim alandan, okalıptüs ormanlarından elde edilen hasılatın, çam ormanlarından elde edilenden daha düşük olduğu ifade edilmektedir (Hillis ve Brown, 1978). Ancak, okalıptüs, doğal yayılış alanı dışına çıkarıldığında gelişme yönünden çok iyi bir performans göstermektedir. Okalıptüsün, ithal edildiği ölkelerde kısa sürede gelişerek büyük artım değerlerine ulaşması, çok değişik ekolojik koşullara uyum sağlama konusunda gösterdiği üstün başarı, çok zengin tür ve orijin sayısına sahip olması, odununun geniş kullanım alanı bulması, kabuğundan tanen, yapraklarından eterik yağ elde edilmesi,

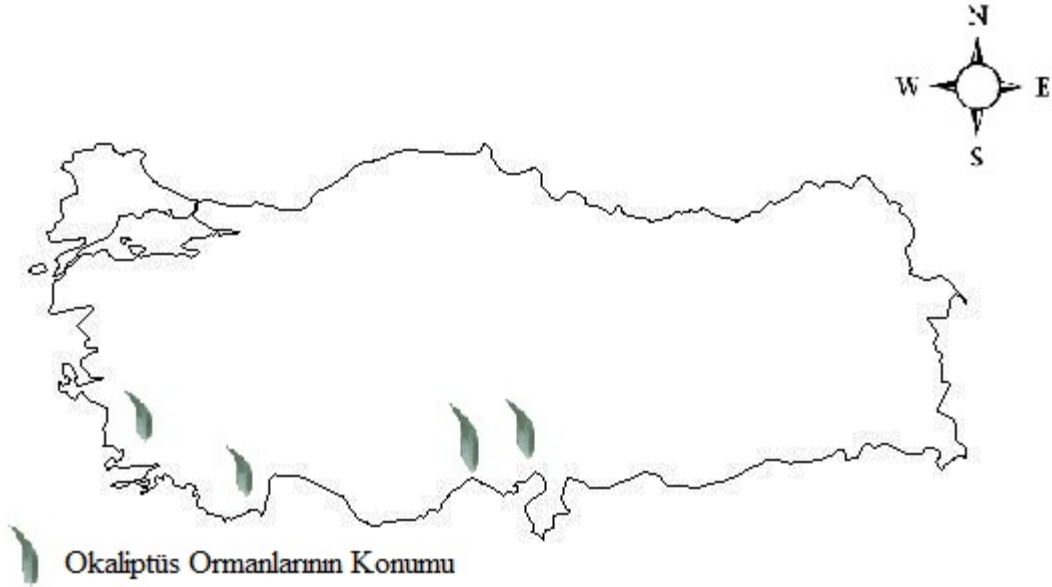
çiçeklerinin arıcılık için çok uygun olması gibi özellikleri onu dünya ormancılarının gözdesi yapmıştır. (Yıldızbakan vd., 2007).

Ayrıca okalıptüsün bazı türleri baltalık olarak işletilmeye de son derece uygundur. Nitekim bugün Avustralya dışında en fazla plantasyonu yapılan on türde baltalık işletilmesi için ideal olup bunlar, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. europphylla*, *E. robusta*, *E. maculata*, *E. paniculata* ve *E. viminalis* türleri olmaktadır. (Hillis ve Brown, 1978).

1.1.1.2. Türkiye’de Okalıptüs

Türkiye’ye okalıptüs ilk defa, 31.01.1885 tarihinde inşasına başlanan Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından bu hat güzergâhındaki istasyonlara süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir (Adalı, 1944). Ve o tarihten ilk plantasyonun yapıldığı 1939 tarihine kadar da park ve bahçelerde süs bitkisi olarak kullanılmıştır. Türkiye’de ilk okalıptüs ağaçlandırması 04.02.1939 tarihinde tesisine başlanan 885 hektar büyüklüğündeki Tarsus-Karabucak ağaçlandırmasıdır. Bu, aynı zamanda Türkiye’nin ilk ağaçlandırması olsa gerekir. Çünkü Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğünce (Anonim, 1973) yayınlanan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Çalışmaları adlı broşürde, Türkiye’de, plan, program ve prodüktif projelere dayalı ağaçlandırma çalışmalarının 1955 yılında başladığı bildirilmektedir. Oysa Karabucak ağaçlandırması bu tarihten çok daha önce ve plan, program ve prodüktif bir projeye dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Aslında Türkiye’nin bu ilk ağaçlandırması, o tarihlerde kömür havzalarında had safhaya ulaşan maden direği ihtiyacının kısa sürede karşılanması isteğine borçludur. Ticaret Bakanlığına bağlı Maden Tetkik Arama Enstitüsünün, bu ihtiyacın diğer ülkelerde, örneğin İspanya’da okalıptüsle karşılandığını öğrenmesi üzerine Ticaret Bakanlığı, Başbakanlığa başvuruda bulunmuş, Başbakanlık da, Türkiye’de okalıptüs yetiştirilmesine uygun olabilecek yerlerin araştırılmasını Tarım Bakanlığını görevlendirmiştir. Böylece konu Orman Genel Müdürlüğüne intikal etmiş ve bu kurum da konunun araştırılması için bir heyet

oluşturmuştur. Söz konusu heyet yaptığı araştırmalar sonucunda Dörtyol, Ceyhan, Karataş ve Antalya yörelerinde okaliptüs yetiştirmeye uygun yerler saptanmış ve çalışmalara Dörtyol ve Karataş'ta başlamıştır. Ancak buralarda bazı problemler çıkması üzerine çalışmalar Tarsus yakınındaki Karabucak ve Aynaz bataklıklarına kaydırılmış ve daha önce de değinildiği gibi 04.02.1939 tarihinde Karabucak'ta ilk dikimler yapılmıştır (Adalı, 1944).



Şekil 1.1. Türkiyede Okaliptüs Dağılımını Gösteren Harita

1.1.2. Okaliptüsün Botanik Özellikleri

Her dem yeşil ağaç, bazen de ağaççık şeklinde bulunan okaliptüsler; bitkisel sistematiğe, Spermatopyta bölümünün, Angiospermae (kapalı tohumlular) alt bölümünün, Dicotyledoneae (çift çenekliler) sınıfının, Choripetalae (periyant yaprakları ayrı) alt sınıfının, Dialypetaleae grubunun, Myrtales takımının, Myrtaceae familyasının Eucalyptus cinsi içerisinde yer almaktadırlar (Gökmen, 1977; Kayacık, 1981 ve 1982). Okaliptüsler, ait oldukları Myrtales takımının diğer familya örneklerinden, değişik dokularında lisigen eteri yağ bezelerinin bulunması ile ayrılır (Kayacık, 1982).

1.1.2.1.Yaprak Şekilleri

Birkaç tür haricindeki bütün okaliptüsler, yaşam süreci içerisinde beş farklı yaprak tipi geliştirirler ve bu her tip, ağacın gelişiminde belli bir aşamaya karşılık gelmektedir. Bunlar sırasıyla;

1. Kotiledonlar,
2. Fidan yaprakları
3. Genç (juvenil) yapraklar
4. Ara yapraklar
5. Yetişkin yapraklardır

Okaliptüslerin büyük bir kısmı her dem yeşildir. Yaprığını döken birkaç tür, yapraklarını yaz ayları süresince dökerler (Penfold ve Willes, 1961).

1.1.2.2.Vejetatif Tomurcuklar

Her okaliptüs yaprağının koltuğunda başlangıçta iki adet tomurcuk bulunur. Bunlardan biri çıplak tomurcuk olarak adlandırılır ve tomurcuk pullarına sahip değildir. Bunlar, olağan büyüme döneminde yapraklı sürgün oluşturmaktadır. Bundan başka, yaprak sapı ve koltukaltı dokusu tarafından kuşatılmış bulunan ikinci tomurcuk dinlenme halindedir (dormant) ve bunlar ilk büyüme döneminde genellikle yapraklı sürgün geliştirmezler. Fakat pekçok doğal okaliptüs çevrelerinde, kurak sezon stresinde, kışın, çıplak tomurcuğun büyümesi durur, çoğu defa dumura uğrar ve ölür. Böylece sonraki sezonunda büyüme tekrar başladığı zaman, yeni sürgünler işte bu gizli tomurcuklardan oluşur.

Dormant tomurcuklar dinlenme durumundan kurtuldukları zaman, epikormik sürgün denilen yapraklı sürgünler oluşur ve bunların yaprakları genç (juvenil) tiptedir (Pryor, 1975). Dormant tomurcuklara bazen yardımcı tomurcuk da denilmektedir. Buna göre, yardımcı tomurcukların tanımı Penfold ve Willes (1961)'de çıplak tomurcukların altında, yaprakların koltukaltı dokusunda gömülü olan ve yeni sürgünlerin oluşturulması yeteneği olan meristematik dokudur' şeklinde yapılmaktadır.

Normal koşullar altında bu dokunun gelişmesi, muhtemelen yapraklar veya sürgünlerin çıplak tomurcukları tarafından üretilen bir hormon veya hormonlar tarafından bastırılmakta; bu organların herhangi bir nedenden dolayı tahrip olması durumunda hormonal engellemeler ortadan kalkacak ve meristematik doku hızla gelişerek yardımcı sürgünler oluşturacaktır (Penfold ve Willes, 1961).

1.1.2.3. Çiçek Tomurcukları ve Çiçeklenme

Hodgson (1976), çiçek tomurcuklarının üç aşamada geliştiğini gözlemlemiştir. Buna göre, çiçek tomurcukları ilk aşamada brakte yaprakçıkları ile kuşatılmış durumdadır ve bu aşama şemsiye tomurcuğu (umbel bud) aşamasıdır. Genellikle 7 çiçekli olan bir çiçek şemsiyesi, başlangıçta 6 (ikisi dış, dördü iç brakte olarak) veya daha fazla brakte tarafından kuşatılmış durumdadır (Carr, 1959; Hodgson, 1976'dan).

Brakteler döküldükten sonra, çiçek tomurcukları iç ve dış olmak üzere iki operkuluma (şapka) sahiptir. İkinci aşamada sepal yapraklardan oluşmuş olan dışoperkulum dökülür. Böylece sadece içteki petal operkulum kalır ve bu operkulumun dökülmesiyle anthesis (çiçeğin açıldığı ilk gün) meydana gelir. Bu organların dökülmesinden önce renk değişimleri görülür. Dış operkulumda yeşilden kahverengiye doğru bir renk değişimi olurken, içteki operkulumdaki değişim sarıya doğru olur (Hodgson, 1976).

Pek çok okaliptüs türünün infloresensi yani çiçek durumu (infloresens: çiçekleri taşıyan sapların özel dallanma durumlarıdır, Hale ve Margeham, 1988), çiçek tomurcukları, simoz-talkım (ana eksenin büyümesi durduktan sonra yan dalların ardışık olarak büyümesine devam ettiği çiçek durumudur ve en yaşlı çiçek merkezdedir, Sauter ve ark. 1996) dikazyumun şemsiye (umbel) şeklindedir (Hodgson, 1976). Wyk (1977) da, okaliptüs çiçek durumunun bir dikazyum olduğunu ve çiçeklerin kısa pediseller üzerinde bulunduğu için şemsiye olarak adlandırıldığını bildirmektedir.

Burada karşılıklı olarak art arta gelen dallarının pedunkulun tepesinde tek bir halka olarak görüldüğü için oldukça sıkışık bir dikazyum talkımdır. Fakat yaprak koltuklarında münferit olarak çiçek bulunan E.globulus gibi birkaç türde simöz çiçek durumu görülmez. Bunun nedeni, çiçek sapı üzerinde tek çiçek bulunduğu için infloresens söz konusu değildir (Hodgson, 1976).

Okalıptüslerde, bir sezonda oluşan ilk tomurcuklar daima vejetatif ve vejetatif tomurcuk oluşumunu 1-14 çiçek tomurcuğu takip etmektedir. Çiçek tomurcuğu tablası, çevresinde periyant yapraklarını temsil eden ve bağımsız olarak dökülen iki operkulum ve birçok stameni taşımaktadır. Stamenler aralıksız ve sıkı bir şekilde bulunmaktadır ve anterler tomurcuk kapsülünün tabanında (staminal halka) sıralanmışlardır. Ovaryum daha aşağıda bulunmakta ve iç operkulunun ucu ile sıkı bir şekilde kuşatılmış durumda bulunan stigma lobsuzdur (Hodgson, 1976)

Okalıptüslerde, kendine ve çapraz tozlanan döllerde ve aynı zamanda aşılı bitkilerde ve çelikten yetişen bireylerde 2-3 yaşında ilk çiçeklenme görülebilir ve kapsüller anthesisden 5-7 ay sonra toplanabilir. Böylece generasyon 4 yıl içerisinde tamamlanabilir (Hodgson, 1976).

Anthesisde dişicik borusunun uzunluğundaki dikkate değer bir artış kalisin halkasındaki operkulunun ayrılmasına ve sonra stamenlerin açılmasına neden olur. İç operkulunun düşmesinden yani anthesisden sonra birkaç saat, bütün anterler stigmatı oldukça sıkı bir şekilde sarar ve açılmaları hemen hemen bir gün sonra tamamlanır.

Polenler bu anda ve hatta anthesisden önce anterlerde ve stigma anterler tarafından halka halinde kuşatılmış olduğu anda (böcek ziyareti olmaksızın) bir çiçek içerisinde kendine tozlaşma olabilir. Pollenlerin dökülmesi anthesisden sonra genellikle iki gün içerisinde tamamlanır, bununla beraber mikroskopik incelemeler dördüncü günden sonra da anterlerde az miktarda polen bulunduğunu göstermiştir (Hodgson, 1976).

Operkulum düştüğü zaman, stigmanın şekli daha belirginleşmekte ve rengi stilden daha koyu yeşil olmaktadır. Sonraki 3-4 gün içerisindeki eğilimi daha yuvarlak şekil ve açık renkli olmayadır ve yaklaşık sekizinci güne kadar stigmanın görünüşü oldukça şişmiş, parlak beyaz ve yapışkan olabilir. Bu durum birkaç gün için devam eder ve sonra stigma kahverengileşir, alacalı görünür ve 11-20 gün sonra olağan olarak stil kurur (Hodgson, 1976).

1.1.2.4. Olgunlaşmamış Meyve

Anthesisden yaklaşık bir ay sonra, ovaryumun üst kısmının yüzeyinde radyal çatlaklar görülür. Bu çatlaklar çevreden içe doğru uzanır, fakat tam ortada çakışmazlar. Bu çatlaklar olgun meyve kapakçıklarının göstergesidir. Bunların sayısı genellikle 5'dir ve bu da ovaryumdaki lokulların (göz, oda) sayısına denktir. Bu çatlaklar bir kere oluştu mu kapakçıklar, hatta bu aşamada tohumlar olgun olmasa da, açılma yeteneğindedir.

Kapakçıkların açılması kurumayla görülür. Buna lokulların genişlemesi eşlik eder ve lokul duvarları kırılır. Böylece tohum dökümü başlar. Kuru kapsüllerin kapakçıkları suda tekrar kapanabilir. Bu değişimler, lokul duvarlarındaki higroskopik doku halkasının bulunmasının bir sonucu olarak meydana gelir (Hodgson, 1976).

Geary ve ark. (1983), büyük miktarlardaki tohum toplamalarından önce mutlaka kapsül örneklerinin alınması ve kesilerek içerisindeki tohumların özelliklerine bakılması gerektiğini, buna göre, olgunlaşmamış tohumların beyaz renkte, zamklı ve birbirlerine yapışık olduklarını bildirmektedir.

1.1.2.5. Olgun Meyve

Okalptüslerin meyveleri de kapsül şeklindedir. Seçmen vd. (1995), kapsülün genel tarifini 'bileşik bir ovaryumdan (sinkarp) oluşmuş en az iki karpelden (meyve yaprağı) meydana gelmiş, kendiliğinden açılan çok tohumlu kuru bir meyve' şeklinde yapmaktadır.

Okaliptüslerde bu kapsül, hipantiyum (çukurlaşmış çiçek tablası) ve daha aşağı durumlu ovaryumun birlikte gelişmesiyle oluşmaktadır. Operkulum düştükten sonra yara izi şeklinde kalan ve dış kısmı çevreleyen halkaya kalisin halkası denilmektedir (Anonim, 1979).

1.1.3. Ekolojik İstekleri ve Tesisi

Okaliptüs ekolojik istekleri çok olan bir cinstir. İyi özellikte işlenebilir, besin değeri ve su tutma kapasitesi yüksek, derin topraklarda yıllık yağışın vejetasyon süresine dağılımının iyi olduğu ve en soğuk ay sıcaklık ortalamasının -2 °C geçmediği yerlerde hızlı gelişme göstermektedir. Okaliptüs taban suyunun yüksek olduğu yerlerde diğer ağaç türlerine göre daha iyi gelişmesi nedeniyle "bataklık ağacı" olarak da nitelendirilmektedir (Anonim, 1986)

1.1.3.1. Toprak

Okaliptüs ağaçlandırmalarının başarısında arazi seçimi önemli bir etkindir. Toprağın iyi işlenebilir, besin maddelerince zengin olması gerekir. Taban suyu yüksekliğinin 80-140 cm, tuzluluk derecesinin 0-2 milimhos/cm (tuzsuz) arasında olması istenir. Ancak 2-4 milimhos/cm (orta derece tuzlu) arasında olan topraklar okaliptüsün yetişmesine uygundur. Toprak pH'sı hafif alkalin (7.1-7.8) karakterde olması iyi sonuç verir. Taban suyu yüksekliğinin sorun olduğu taban arazilerde drenaj ihtiyacı doğabilir. 80 cm den yüksek olan taban suyunun drene edilmesi gerekli görülmektedir (Avcioğlu, 1990).

1.1.3.2. Tesis

Okaliptüs ağaçlandırması kurulacak saha, bir yıl önce Temmuz-Eylül ayları arasında 60-80 cm derinliğinde tam alanda siperlenir. Sonra pulluk ile 30-40 cm derinliğe kadar tam alan çapraz sürüm yapılır ve keseklerin parçalanması için diskaro çekilir. Fidanlar 40 cm x 40 cm x 40 cm boyutlu çukurlara dikilir. Tamamlama dikimleri, plantasyon tesisini izleyen iki ay içerisinde yapılmalıdır.

Okalıptüsün kök gelişimi hızlı olduğu için ilk üç yıl toprak işleme yapılmalıdır. (Avcıoğlu, 1990)

Dikim aralığı, okalıptüs ağaçlandırmasının amacına ve yetişme ortamı koşullarına göre değişmektedir. Genellikle uygulamada 2 m x 2 m ile 4 m x 5 m arasında değişen dikim aralıkları kullanılmaktadır. Diğer orman ağacı türlerinde olduğu gibi, *E. Camaldulensis* ağaçlandırmalarında da göğüs çapı gelişimi yetişme ortamı verimlilik derecesinden ve dikim aralığından etkilenir. Bir ağaca düşen yaşam alanı genişledikçe, çap artımı da yükselir. Çap artımındaki bu yükseliş, bir ağacın kullanabileceği azami yaşam alanı genişliğine ulaşana kadar devam eder (Assmann, 1970).

1.1.3.3. Orijin

Karabacak ağaçlandırması için gerekli tohumlar ünlü Fransız tohum firması Vilmorin kanalıyla yurt dışından getirilmiş olup firmanın, okalıptüs tohumlarını Cezayir okalıptüs ağaçlandırmalarından sağladığı tahmin edilmektedir (Saatçioğlu ve Pamay, 1958). Gelen tohumlar yeterli olmadığından daha önce Adana ve Mersin'de bazı park ve bahçelere dikilmiş bulunan yetişkin *E. camaldulensis*'lerden de tohumlar toplanarak fidanlar yetiştirilmiştir. Görüldüğü gibi ilk plantasyonun tohum orijini konusunda kesin bilgiler olmamakla birlikte, o tarihlerde Avustralya dışına ihraç edilen tüm *E. camaldulensis* tohumlarının, bu türün New South Wales'deki ve Murray nehri boyundaki doğal ormanlarından temin edildiği bildirilmektedir (Fao, 1979).

Tesis edilen okalıptüs ağaçlandırmalarında başarı elde edilince konunun bilimsel düzeyde ele alınıp incelenebilmesi için Tarsus-Karabacak Orman Fidanlık Müdürlüğü'nün 24.04.1967 tarihinde Tarsus Okalıptüs Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, bu günkü adıyla Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü kurulmuştur. Araştırma Müdürlüğü'nün kurulması ile okalıptüste tür seçimi denemeleri başlatılmıştır. Bu çalışmalarda 1989 yılına kadar 191 okalıptüs türüne ait 609 orijin teste tabii tutulmuştur (Gürses, 1990). Bu türlerin ve orijinlerin tamamı başarılı olamamış, birçoğu fidanlık aşamasında

elimine olmuş, başarılı olanlar Oryantasyon Okaliptetumlarına (Okaliptüs tür eleme denemeleri), burada başarılı olanlar da Mukayese Okaliptetumlarına alınmışlardır. Tüm ülke çapında yapılan bu çalışmalar sonucunda yurdumuz ekolojik koşullarına uyum sağlayabilen ve ekonomik olarak yetiştiriciliğinin yapılabileceğine karar verilen iki okaliptüs türü belirlenmiştir. Bunlardan birincisi Karabucak' ta başlangıçtan beri kullanılan *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ikincisi ise yurdumuz için yeni olan *Eucalyptus grandis W.Hill ex Maiden* türleridir.

Bu iki tür tespit edildikten sonra ıslah çalışmalarının daha sonraki aşaması olan Orijin Denemeleri her iki tür için de ayrı ayrı tesis edilmiş ve sonuçları yayınlamıştır (Avcioğlu ve Gürses, 1988).

1.1.4. Okaliptüsün Kullanım Alanları

Okaliptüs odununu birçok yerde kullanılması mümkündür. Ancak dikkatli bir kurutma yapmak gerekir. Ayrıca ağacın yetiştirme ortamı ve yaşı da bu konuda etkili bir faktördür (Avcioğlu, 1990).

Genç ağaçlarda öz odunu teşkil etmediği için renk farkı yoktur. Ancak 20-25 yıllık idare sürelerinde kırmızı kahverengi öz odunu teşekkül eder. Bu da mobilya sanayi için önemli bir özelliktir. Okaliptüs odunu kurutulduktan sonra çok sert ve dayanıklı bir hal aldığı için üretilen eşyanın uzun süre dayanmasını sağlar (Avcioğlu, 1990).

Okaliptüs odunu, kurutma işleminden önce 2-3 ay kadar suda depolanıp yavaş yavaş dokusu içerisinde ki bir miktar suyun çıkması sağlandıktan sonra gölge ve hava akımı olan bir yerde 6 ay kadar bekletilmelidir. Bu süre sonunda kalın kalas halinde biçilir, ızgaraya alınır. Izgarada kalas aralarında 5-10 cm' lik boşluklar bırakılarak birbirine dik sıralar halinde dizildiğinden ağaç baskı altında kalarak çalışması da önlenmiş olur. Bir yıl sonra kalaslar kullanılacak ebatlarından birkaç mm geniş ebatlarda biçilerek 3-4 ayda bu şekilde kurumaya bırakılır ve sonra istenilen yerde kullanılır (Avcioğlu, 1990).

Bu şekilde hazırlanmış okalıptüs kerestesi, yapı kerestesi, yer döşemesi, tekne imalatı, kamyon kasası, mobilya ve ince, doğrama, alet yapı, merdiven, sportif eşya, zirai aletler, dâhili dekorasyon, doğramacılık, travers, tornacılık gibi alanlarda kullanılabilir (Avcıoğlu, 1990).

Okalıptüsün diğer kullanım alanları ise, maden direği, kaplamalık ve kontrplak, kağıt hamuru, yakacak odun, mangal kömürü, ambalaj sanayinde, dolgu malzemesi olarak, kibrit sanayinde, sunta sanayinde, direk ve kazık olarak, tekne ve fiçı tahtası olarak, pil, batarya separatörü, oyuncak sanayinde, oymacılıkta, odun yünü, bulaşık evyesi yapımında, yiyecek muhafaza kabı olarak, kalıp ve model yapımında, müzik aleti yapımında olarak belirtilmektedir (Gürses, 1982).

Dünyada bu kadar geniş kullanım alanı bulunan okalıptüs odunu, Türkiye’de piyasaya yeterli düzeyde sunulamaması ve kullanım alışkanlığının olmaması nedeniyle daha dar bir alanda kullanılmaktadır (Gürses, 1982).

Türkiye’de okalıptüs odununun kullanıldığı yerler şu şekilde sıralanabilir. Ambalaj sanayinde, naylon seralarda iskelet olarak, inşaat sektöründe, iskelelerde direk olarak, narenciye bahçelerinde çatal sırık olarak, yakacak odun olarak, bataklık arazilerde çalışan makinelerin batmamsı amacı ile altına sermek için, müzik aletleri yapımında, tekne omurgası yapımında, kontrplak yapımında kullanılmaktadır.

Müzik aletlerinde Gitar, Ud, Tambur’un alt kısmında, Piyano mekanizmasında ve klasik kemençe yapımında kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Güleç, 1982).

Okalıptüs selülozundan üretilen kağıt diğerlerinden çok farklı özelliklere sahiptir (Anonim, 2006):Beyazlığı yüksektir, yüzeyde homojen bir dağılım içerir, opasitesi yüksektir. Tozlanma yapmaz. Hacimlidir. Kalınlığı her noktada aynıdır. Kesimde bıçakların ömrünü uzatır. Nem dağılımı homojendir. Kopma,

patlama ve yırtılma faktörleri yüksektir. Yüzey tutkallaması, baskı, fotokopi ve yazıcılarda problemsiz ve seri çalışır. Yüzey yolunma dayanıklılığı yüksektir.

Tüfekçi (2001), *Eucalyptus camaldulensis* odunundan üretilen kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri konusunda kömür randımanı, ağırlık bakımından yaklaşık %24.9, hacim bakımından ise %56.8 çıkmıştır. Bu değer diğer yapraklı ağaç türlerine yakındır. Ayrıca, rutubet içeriği %4.6, birim hacim ağırlığı 235 kg/m³, uçucu madde içeriği %18.8, karbon miktarı %70.8 ve ısıtma değeri 7155 Kcal/kg ile standartlara uygun özelliklerde çıkmıştır. Standartların üzerinde (%5.9) kül içeriğine sahip olması, kolay yanabilen bir kömür olacağının göstergesidir.

Bir diğer kullanım alternatifi kısa idare müddetinde (3–5 yıl) ve tamamen enerji üretimine ayrılacak enerji ormanı plantasyonları yetiştirmektir. Özellikle İskandinav ülkelerinde bu gibi uygulamalar görülmektedir. Odunun ısınma ve elektrik enerjisi üretiminde yakıt olarak kullanımı teşvik edilmektedir. Brezilya’da okaliptüs plantasyonlarından odun kömürü üretimi ile enerji kaynağı olarak kullanıldığı bilinmektedir.

1.1.4.1. Okaliptüsten Elde Edilen Tali Ürünler

Okaliptüs yüksek odun verimi yanında tali ürünler üretimine de olanak sağlar. Elde edilen en önemli tali ürün eterik yağdır. Bilindiği gibi, eterik yağlar çok çeşitli bitkilerden destilasyon yoluyla elde edilen bir ürün olup çeşitli maddelerin karışımından meydana gelmektedir. Asıl maddesi C₅H₈ formülünde olan ve Terpen adı verilen kimyasal maddedir (Gülbaba, 1990).

Okaliptüs yapraklarının destilasyonu sonucu elde edilen ve kimya sanayinde değerli maddelerden biri olan okaliptol (Sineol), tıpta haricen kullanılan solunum yolları değerli antiseptiği, nefes ve bronşları açıcı, idrar yolları antiseptiği, bağırsak parazitlerini düşürücü olarak ayrıca; sıcak buharı teneffüs edilmek suretiyle, astım bronşit, sinüzit ve mide ağrılarına, böcek sokması ve yaralara karşı antiseptik olarak kullanıldığı gibi ağız gargaraları ve diş

macunlarının bileşiminde de yer almaktadır. Şekercilikte ve likör imalatında da kullanılabilir (Gülbaba, 1990).

Bugün için yaklaşık 20 türden ticari olarak eterik yağı elde edilmektedir. Türkiye’de geniş sahalarda plantasyonları yapılan *Eucalyptus camaldulensis*’ ten de eterik yağ üretiminin yapılabileceği kaynaklardan anlaşılmaktadır (Gülbaba, 1990).

Açık renkli çok berrak bal vermektedir. Okaliptüs çiçeklerinin dölllenmesinde başlıca rolü bal arısı oynamaktadır (Görcelioğlu, 1988).

Tibbi Etkileri ve Kullanımı olarak özellikle solunum yolu hastalıklarında; örnek olarak, nezle, öksürük, bronşit, burun ve boğaz rahatsızlıklarında etkili ve iyileştiricidir. Balgam söktürür, göğsü yumuşatır, ateşi düşürür ve sinüsleri açar. Bu etkileri sağlamak üzere ya infüzyonu içilir ya buhar banyosuna girilir ya da ispirotolu veya zeytinyağlı eriyikleri alınır.

Antiseptik oluşu nedeniyle yara, ülser ve yanıkları temizleme ve iyileştirmede etkilidir. Bunun için dekoksasyonu şikâyet edilen yerlere uygulanır. Dişeti enfeksiyonların da mikrop kırıcı, ağız kokularını gidericidir. Bu durumlar için ispirotolu ya da zeytinyağlı eriyikleriyle gargara yapılır.

Peklik verici ve bedeni güçlendiricidir. Böyle durumlar için infüzyonu alınır. Romatizma ağrıları, kas kasılmaları ve üşütmelerden ortaya çıkan ağrılarda şikâyet edilen yere lapası uygulanır. İdrar yolları antiseptiğidir. Bu durumda infüzyonu alınır.

1.2. Gövde Profili Modellerin Sınıflandırılması

Gövde Profili Modelleri üzerinde yapılan çalışmalarda, birçok araştırmacı tarafından çok sayıda sınıflandırmanın yapılmış olduğu görülmektedir. Bu durum, araştırmacıların sınıflandırma yapmak için kullandıkları ölçütlerin birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle gövde profili modellerinin kesin ve net bir sınıflandırmasını yapmak oldukça zordur. Sakıcı

(2002) tarafından yapılan literatür çalışması sonucu, belirlenen değişik sınıflandırmalara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir.

Reed ve Green (1984);

- a) Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri,
- b) Uyumlu Gövde Çapı Modelleri,

Thomas ve Parresol (1991);

- a) Basit hiperbolik ifadeler,
- b) Yüksek dereceli polinomiyallere ilişkin çoğul regresyon modelleri,
- c) Karmaşık çoğul üssel fonksiyonlar,
- d) Segmented polinomial fonksiyonlar,

Flewelling ve Raynes (1993);

- a) Gövdeyi bir bütün olarak inceleyen fonksiyonlar,
- b) Gövdeyi bölümlere ayırarak inceleyen fonksiyonlar,

Muhairwe vd. (1994);

- a) Basit Gövde Profili Fonksiyonları,
- b) Segmented Gövde Profili Fonksiyonları,
- c) Değişken-Şekil ve Değişken-Exponent Gövde Profili Fonksiyonları,
- d) Doğrusal Modeller ve Kutupsal Koordinatlar gibi yaklaşımlar kullanılarak elde edilen Gövde Profili Fonksiyonları,

Williams ve Reich (1997);

- a) Basit Fonksiyonlar,
- b) Segmented Fonksiyonlar,
- c) Karmaşık Segmented Fonksiyonlar

Petersson (1999);

- a) Segmented Fonksiyonlar,
- b) Sürekli Fonksiyonlar,

Fang ve Bailey (1999);

- a) Deneysel yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar,
- b) Geometrik yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar,

Fang vd.. (2000);

- a) Basit Sürekli Fonksiyonlar,
- b) Segmented Fonksiyonlar

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Max ve Burkhart (1976), bir ağaç gövdesinin farklı geometrik şekiller ifade ettiğini, gövdenin en alt bölümünün naylonoit, orta bölümünün kesik paraboloid, en üst bölümünün ise koni şeklinde olduğu varsayımından hareket ederek; her bölümün için ayrı polinomial regresyon denklemi oluşturmuş, bu denklemleri de katılma noktaları ile birleştirmiştir. Bu tip gövde çapı modellerine parçalı gövde çapı modeli adı verilmiştir.

Cao vd. (1980), doğal ve plantasyon *Pinus taeda* meşcereleri için ticari hacim ve gövde çapı tahmini için, birkaç regresyon modeli denemek suretiyle, en iyi sonucu veren modeli belirlemiştir.

Biginig (1984), altı farklı ağaç türü için gövde çaplarını tahmin etmek amacıyla, ağaç boyu (H), göğüs çapı(D) ve oransal boyun(h) fonksiyonu olarak adlandırılan Chapman-Richards fonksiyonundan elde edilen bir gövde çapı denkleminde yararlanılmış ve çıkan sonuçlar, Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, gövde çapı fonksiyonunun integrali alınarak, gövdenin tamamının hacmini hesaplamış ve bu değerleri Schumacher-Hall hacim denklemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır.

Kozak ve Newnham (1988), gövde çaplarını belirlenmesinde yeni bir yaklaşım ile gövde üzerinde şekil değişim noktalarını dikkate alan üssel fonksiyonları denemişler ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Oluşturdukları modeller, her gövde için bir değişim noktası içermektedir.

Newberry vd. (1989), bilinen geometrik şekillerin hacim denklemlerini kullanarak tek ağaç gövde hacim oran denklemlerini geliştirmiştir. Koni ve paraboloid hacim denklemlerine göğüs çapını ilave ederek iki adet parametresiz denklem geliştirerek, bu denklemlerin veri sayısının kısıtlı olduğu durumlarda parametrelili denklemlere yakın sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Solomon vd. (1989), Ladin ve Gökmar ağaç türleri için, gövde analizi verileri ile Max ve Burkhardt (1976) tarafından önerilen çap denklemini kullanarak, gövde çapı ve toplam gövde hacimlerini hesaplamıştır. Gerçek hacim ve çap değerleri ile yapılan karşılaştırmada, farkların ihmal edilebilir olduğunu ve toplam gövde hacim denklemine alternatif olarak, gövde çapı denkleminin güvenli bir şekilde kullanabileceğini belirtmiştir.

Perez vd. (1990), *Pinus oocarpa* için gövde çaplarının hesaplanması için “Değişken Şekil Çap Fonksiyonu” nu kullanmışlardır. Fonksiyonda gövde şeklinin naylonid’den paraboloid dönüştüğü noktanın saptanması için yapılan analizler sonucunda ağaç boyunun %25’inin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Yavuz (1995), Taşköprü Orman İşletmesi’nde Sarıçam ve Karaçam için uyumlu gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oranı denklem sistemleri geliştirmiştir. Bu amaçla, farklı formlarda gövde çapı modelleri, hacim oran denklemleri test edilmiştir.

Muhairwe (1999) tarafından iki okaliptüs türü için geliştirilen gövde çapı modelleri ile Kozak (1988), Max ve Burkhardt (1976) ve Gordon (1983) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli karşılaştırılmıştır. Geliştirilen modellerden ilkinde göğüs çapı, ağaç boyu ve ağacın değişik bölümlerinde ölçülen boy değerleri, ikincisinde ise sadece göğüs çapı ve ağacın değişik noktalarında ölçülen boy değerleri temel değişkenler olarak kullanılmıştır. Birinci modelin diğer modellere göre daha başarılı olduğu ortaya konmuştur.

Figueiredo ve Filho vd. (1996), *Pinus taeda* türü için gövde çaplarını belirlemek amacıyla beş farklı modeli (Kozak vd., 1969, Max ve Burkhardt, 1976, Parresol vd., 1987, Clark vd., 1991 ve beşinci dereceden bir polinomial model) incelemişler bu modeller arasında en yüksek başarıya sahip olan modelin Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen model olduğu belirtmişlerdir.

Kozak (1997), Monte Carlo Simülasyon Tekniğini kullanarak gövde çapı denkleminde yer alan değişkenler arasındaki “Çoklu Bağlantı” ve

“Otokorelasyon” un, Kozak (1998) tarafından geliştirilen Değişken Exponent Gövde Çapı Modeli’nden faydalanılarak oluşturulan iki adet model üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Güçlü bir Çoklu Bağlantı ve Otokorelasyon sorununun bulunması durumunda dahi tahminlerin sistematik hatasız olduğunu belirtmiştir.

Figueiredo-Filho ve Schaaf (1999), değişik gövde çapı fonksiyonlarını (Max ve Burkhardt, 1976; Cao, 1980; Schlaegel, 1983; Clark vd., 1991; 5. derece bir polinomial model) kullanarak, elde edilen gövde hacmi değerleri ile Ksilometre Tekniği (suda hacim ölçme) ile elde edilen hacim değerlerini karşılaştırmışlar ve kullanılan gövde çapı modellerinden en başarılı olanlarının Max ve Burkhardt (1976) ve Clark vd. (1991) tarafından önerilen modeller olduğunu belirtmişlerdir.

Huang vd. (1999), *Picea glauca* türü için Değişken Exponent Gövde Çapı Eşitliklerini, gövde analizi verileri üzerinde analiz etmişler ve hem gövde çapı hem de gövde hacmi tahminlerindeki toplam varyasyonun %99’unun, oluşturulan gövde çapı fonksiyonları ile açıklandığı sonucunu elde etmişlerdir.

Yavuz ve Saraçoğlu (1999), *Alnus glutinosa* için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri geliştirmişlerdir. Yalnız gövde hacminin tahmin edilmesinde Kozak (1988) tarafından önerilen modelin, gövde çapı, ağaç hacmi ve hacim oranlarının birlikte tahmin edilmesi durumunda ise Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen denklemin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Bi (2000), Trigonometrik Hacim Eşitliğinden faydalanarak, Trigonometrik Değişken Şekil Gövde Çapı Eşitliklerini geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli 25 ağaç türüne ait veriler üzerinde uygulamışlar ve Kozak (1988) tarafından geliştirilen model ile karşılaştırmıştır.

Coble ve Wiant (2000), *Pinus taeda* ve *P. ponderosa* meşcerelerinden alınan örnek ağaç verilerini kullanarak basit ve karmaşık gövde çapı fonksiyonlarını

karşılaştırmışlardır. Karmaşık fonksiyonların daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Fang vd. (2000), *Pinus taeda* ve *P. elliottii* türleri için gövde çaplarını ve ticari hacimleri belirlemek üzere diferansiyel denklemler kullanarak gövde çapı, gövde hacmi ve ticari hacim değerlerini veren parçalı gövde çapı modeli oluşturmuştur. Bu amaçla çalışmada, FIML (Tam Bilgi Maksimum Olabilirlik Yöntemi) kullanılmıştır. Bu yöntemle, gövde çapı ve gövde hacim tahminlerindeki hata minimize edilerek eş zamanlı çözüm gerçekleştirilmiştir.

Sakıcı (2002) Kastamonu yöresi Uludağ göknarı meşcereleri için gövde profili, hacim ve hacim oran denklem sistemleri geliştirmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, en iyi sonuçların Kozak (1988) tarafından geliştirilen değişken şekil çap modeli ile elde edildiği belirtilmiştir. Ancak kontrol grubu verileri ile yapılan değerlendirmede ise en iyi sonuçların Allen (1993) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği ifade edilmiştir.

Sharma ve Burkhart (2003) parçalı gövde çapı modeli için gövde çapı tahminlerinde gerekli olan parametre sayısının azaltılabilme imkânlarını araştırmıştır. Bu amaçla Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modelini kullanmışlar ve katılma noktalarının toplam ağaç boyunun %11 ve %75'inde olması koşuluyla, dört parametrelili modelin çap tahminleri için altı ve sekiz parametrelili modellere göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Lee vd. (2003) Kore'deki *Pinus densiflora* türü için gövde çapı modelleri geliştirmiştir. Geliştirilen değişken şekil gövde çapı ağaç gövdesindeki değişimi oldukça başarılı bir şekilde modellemiştir. Geliştirilen model ile elde edilen sonuçlar Max ve Burkhart (1976) ve Kozak (1988) tarafından geliştirilen modeller ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Rojo vd. (2005) tarafından Kuzey İspanya'nın Galicia Bölgesindeki *Pinus pinaster* meşcereleri için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla farklı formlarda 31 adet gövde çapı modeli test edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler

sonucunda en başarılı modelin Kozak (2004) tarafından geliştirilen model olduğu ortaya konmuştur.

Meydan-Aktürk (2006) tarafından Artvin yöresi doğu ladini meşcereleri için trigonometrik gövde profili modeli geliştirilmiştir. Çalışmada Bi (2000) tarafından okalıptüs ağaçları için geliştirilen trigonometrik gövde profili modeli kullanılmıştır.

Dieguez-Aranda vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Kuzey-batı İspanya'daki sarıçam plantasyonları için toplam hacim, ticari hacim ve herhangi bir noktadaki çap tahminleri için en uygun gövde çapı modelinin Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model olduğu belirtilmektedir.

Klos vd. (2007) Kanada'nın Manitoba Bölgesindeki 5 ticari ağaç türü için gövde çapı modelleri geliştirmiştir. Bu amaçla Kozak (1988) tarafından geliştirilen değişken şekil gövde çapı modeli seçilmiştir. Yapılan değerlendirmeler belirtilen gövde çapı modeli ile oldukça başarılı sonuçların alındığını ortaya koymuştur. Diğer yandan her tür için ayrı model parametrelerinin tahmin edilmesi gerektiğini aksi takdirde önemli çap tahmini hatalarının ortaya çıkabileceği belirtilmiştir.

Brooks vd. (2008) tarafından kızılçam, sedir ve göknar ağaç türleri için Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılarak, çap ve hacim tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa gövde çapı ve gövde hacim tahmini için ortak model parametreleri tahmin edilmiş ve elde edilen hacim tahmini sonuçları, ilgili ağaç türleri için geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılçam, Toros Sediri ve Toros Göknarı için toplam 359 örnek ağaç kullanılmıştır.

Berhe ve Arnoldsson (2009) tarafından Etiyopya'daki Cupressus lusitanica ağaçlandırmaları için yedi farklı gövde çapı modelini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda en başarılı model olarak Kozak (1988) tarafından

geliştirilen gövde çapı modeli en başarılı bulunmuştur. Bu modeli sırasıyla Lee vd. (2003) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapım modelleri izlemiştir.

Corral-Rivas vd. (2007) tarafından Meksika'nın Durango Bölgesinde Biging (1984), Kozak (2004) ve Fang vd (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modellerini kullanarak, asli ağaç türleri için ticari hacim denklemleri geliştirmişlerdir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde en başarılı sonuçlar Fang vd (2000) tarafından geliştirilmiş parçalı gövde çapı modeli ile elde edilmiştir.

Barrio-Anta vd., (2007) tarafından yapılan çalışmada ise, Kuzeybatı İspanya'da saplı meşe türü için Tasissa vd. (1997), Kozak (2004) ve Fang vd (2000) tarafından geliştirilen hacim ve gövde çapı modelleri kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda Fang vd (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modelinin ticari boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri için daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Pompa-Garcia vd. (2009), Meksika'da Chihuahua eyaletinin kuzeyinde yayılış gösteren değişik yaşlı meşe ağaçları için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla Kozak (1988), Bi (2000) ve Gang vd. (2000) tarafından geliştirilen üç farklı formda gövde çapı modeli denenmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmeler sonucunda ticari ağaç hacmi tahminleri için en uygun modelin Fang vd . (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli olduğu ortaya konmuştur.

Crecente-Campo vd. (2009) tarafından İspanya'nın başlıca orman bölgelerinde sarıçam için yapılan bir çalışmada, Fang vd (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmiş ve tahminlerdeki başarı durumları farklı ölçüt değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen

parçalı modelin herhangi bir boydaki çap, herhangi bir çap değerinin hangi boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri için daha başarılı olduğu görülmüştür.

Özçelik (2010), Sarıçam'ın Erzincan Yöresinde yayılış gösteren meşcerelerinden alınan 100 örnek ağaç verileri kullanılarak Jiang (2004)'ın gövde çapı ve gövde hacim denklemi ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirmiştir.

Li and Weiskittel (2010); Kuzey Amerika'daki Acadian Bölgesindeki önemli çam türleri için gövde çapı ve hacim tahminlerinde kullanılmak üzere gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirmişlerdir. Bu amaçla, değişik formlarda gövde çapı ve gövde hacim modelleri kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, gövde çapı tahminleri için Kozak (2004) ve Bi (2000) tarafından geliştirilen modellerin; hacim tahminlerinde ise; Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modelin en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür.

Gomat vd. (2011), okalıptüs ağaçlarının gövde çapı değişimleri üzerine çevresel faktörlerin ve orijinin etkisini incelemiştir. Bu amaçla farklı yörelerden 16 orijin seçilerek bu orijinlerden alınana ağaçlar üzerinde gerekli ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla Saint-Andre vd. (2002) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli seçilmiştir. Çalışma sonucunda çevresel faktörlerin ve orijin farklılığının gövde çapı gelişimi üzerinde önemli etkisinin olduğu ortaya konmuştur.

Fonweban vd. (2011) *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. ve *Pinus sylvestris* L. ağaçlandırmaları için gövde çapı denklemleri geliştirmiştir. Bu amaçla gerekli olan verilerin İskoçya ve Kuzey İngiltere'den toplanmıştır. Bu amaçla üç farklı değişken şekil gövde çapı modeli kullanılmış ve modellerin geliştirilmesinde karışık etkili modelleme tekniği kullanılmıştır.

Heidarsson ve Pukkala (2011) tarafından İzlanda'daki *Pinus contorta* ve *Larix siberica* için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla Biging (1984) tarafından geliştirilmiş gövde çapı modeli ilke Kozak (1997 ve 2004) tarafından geliştirilmiş gövde çapım modelleri test edilmiştir. Yapılan istatistiki ve grafiksel

değerlendirmeler sonucunda Kozak (2004) tarafından geliştirilmiş olan değişken şekil gövde çapı modelinin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Özçelik ve Alkan (2011), Tarsus-Karabucak Okaliptüs ağaçlandırmalarından aldıkları 79 örnek ağaç verisine bağlı olarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerini geliştirmiştir. Özçelik vd. (2011), Bucak Orman İşletme Müdürlüğünde, Kızılçam, Toros Sediri ve Gökmar ağaç türleri için gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirmiştir.

Li vd. (2012) tarafından Kuzey Amerika'nın Acadian Bölgesindeki 11 çam türü kullanılarak yapılan çalışmada Kozak (2004) tarafından geliştirilmiş değişken şekil gövde çapı kullanılmıştır. Bu denklem ile elde edilen hacim tahmin sonuçları Westfall ve Scott (2010) tarafından geliştirilen gövde çapı denklemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve Kozak (2004)'ün modeli ile daha başarılı sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Özçelik ve Brooks (2012), Isparta Orman Bölge Müdürlüğünde Kızılçam, Toros Sediri ve Karaçam türleri için; Erzurum Orman Bölge Müdürlüğünde 95 Sarıçam ağaç türü için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirmiştir. Şahin (2012), Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğünde aldığı 103 adet Karaçam örnek ağacı verisi ile Max ve Burkhardt (1976), Parresol vd. (1987) ve Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı denklemleri ile gövde çapı ve gövde hacmi modelleri geliştirmiştir. Ülkemizde gövde çapı modelleri kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmesine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır.

Quinonoz-Barraza vd. (2014) tarafından Meksika'nın Durango Bölgesindeki asli çam türleri için yapılan bir çalışma ile uyumlu gövde çapı ve ticari hacim sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Max ve Burkhardt (1976), Clark vd. (1991) ve Fang vd. (2000) tarafından geliştirilmiş parçalı gövde çapı modelleri kullanılmıştır. Yapılan istatistiki değerlendirmeler sonucunda Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen modelin gerek gövde çapı gerekse ticari hacim tahminlerinde daha başarılı olduğu ortaya konmuştur.

Schröder vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise Brezilya'nın Güney Parana bölgesindeki *Pinus elliottii* türü için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla farklı formlarda 6 gövde çapı modeli test edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda en başarılı model olarak Kozak (1988) tarafından geliştirilen model seçilmiştir. Bu model ile ilgili ağaç türünde yüksek doğrulukta çap ve hacim tahminleri yapılabileceği ifade edilmiştir.

Bununla birlikte son yıllarda yapılan çalışmalar, gövde çapı modelleri kullanılarak, bir ağaçtan elde edilebilecek odun çeşitleri ve bunlara ilişkin ticari hacim miktarlarının güvenilir bir şekilde belirlenebileceğini göstermektedir (Corral-Rivas vd., 2007; Barrio vd., 2007; Dieguez-Aranda vd., 2006; Fang ve Bailey, 1999; Jiang vd., 2005; Jordan vd., 2005; Zakrzewski ve MacFarlane, 2006, Brooks vd., 2008; Crecente-Campo vd., 2009; Özçelik ve Brooks, 2012).

Barrio vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada ise, Kuzeybatı İspanya'da saplı meşe türü için Tasissa vd. (1997), Kozak (2004) ve Fang vd (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri kullanılarak ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda Fang vd (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modelinin ticari boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri için daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

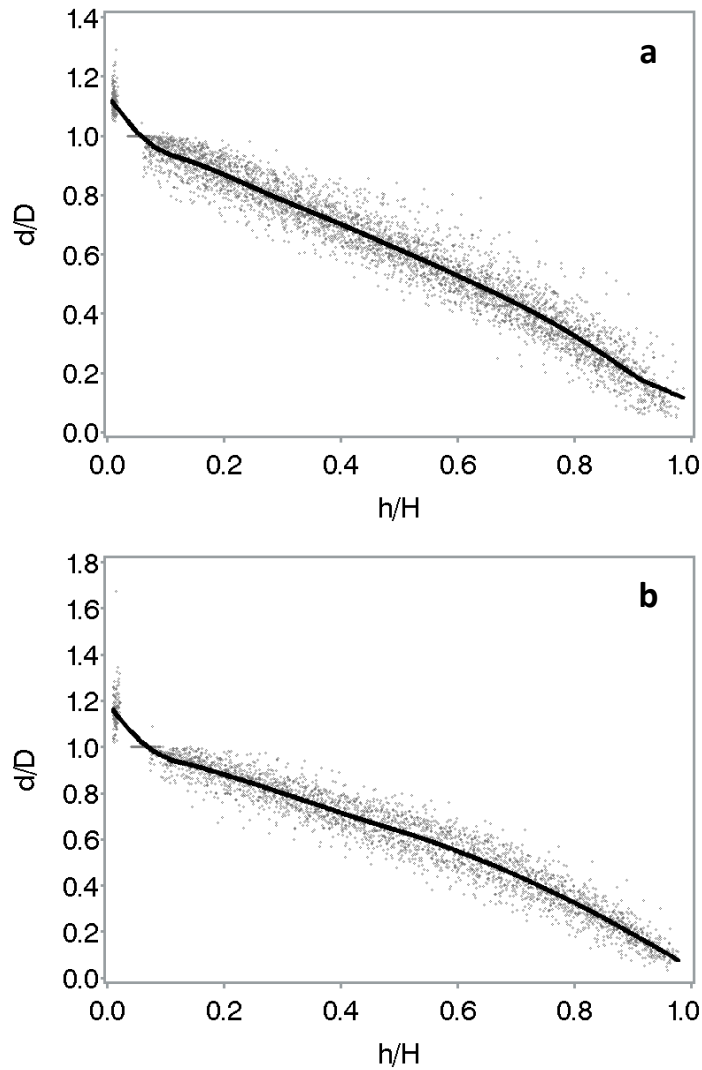
Bu çalışma için gerekli örnek ağaç verileri Mersin Orman Bölge Müdürlüğü Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliği Okaliptüs grandis ve Okaliptüs camaldulensis plantasyonlarından sağlanmıştır. Örnek ağaçlar, çalışma alanı içerisinde mevcut tüm çap ve boy sınıflarını ve yetiştirme ortamı şartlarını temsil edecek şekilde galip ya da müşterek galip ağaçlar arasından seçilmiştir. Yine örnek ağaçlar seçilirken çatal gövdelerin, tepesi kırık ağaçların, azman yapmış bireylerin ve gövde formu bozuk bireyler olmamasına azami özen gösterilmiştir (Şekil 3.1). Bu amaçla, Okaliptüs grandis plantasyonlarından 190 ve Okaliptüs camaldulensis plantasyonlarından da 149 olmak üzere toplam 339 örnek ağaç üzerinde detaylı ölçümler yapılmıştır. Bu amaçla önce ağaçlar kesilmiş ve kesilen bütün ağaçların şerit metre yardımı ile toplam ağaç boyu (H) ve dijital çap ölçer yardımı ile kabuklu göğüs çapı (D) değerleri ölçülmüştür. Buna ilaveten ağaç gövdesi üzerinde dipten en uç noktaya kadar birer metre ara ile değişik yükseklik (h) noktalarındaki çap (d) değerleri ölçülmüştür. Her bir ağaç için seksiyon hacimleri ve toplam ağaç hacmi Smalian formülü yardımı ile hesaplanmıştır. Coble ve Hilpp (2006) tarafından da belirtildiği gibi, smalina formülü kısa seksiyon hacimlerinin hesaplanması için oldukça başarılı bir yöntemdir. Ağacın en uç kısmının hacmi ise koni hacim formülü yardımı ile hesaplanmıştır. Smalian formül yardımı ile elde edilen seksiyon hacimleri ve koni hacim formülü ile hesaplanan uç parça hacimleri toplanarak toplam gövde hacmi elde edilmiştir. Gövde çapı ve ticari hacim modellerinin geliştirilmesi amacıyla ölçümü yapılan örnek ağaçlara ve alanlara ilişkin detaylar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan örnek ağaç ölçümleri

Örnek ağaç ölçümlerini takiben yapılan büro çalışmalarıyla, ölçüm yanlışlıkları veya ölçüm değerlerinin yanlış yazılması gibi nedenlerle ortaya çıkan hataların belirlenmesi ve arazide örnek ağaçlar üzerinde var olan farklı dezenformasyonların neden olduğu kimi anormal verilerin ortaya çıkarılması amacıyla, nisbi çap değerlerine karşılık gelen nisbi boy değerleri grafik üzerinde görsel olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla model performansını arttırmak ve

veri yapısındaki anormal verileri ortaya çıkarmak amacıyla, Bi (2000) tarafından önerilen “Sistemik Yaklaşım Yöntemi” kullanılmıştır. Bu yöntem yardımı ile verilerde bulunan anormal ya da ekstrem değerler ortaya çıkarılmıştır. Bu yönetime ilişkin grafik Şekil 3.2’de her iki okaliptüs türü içinde verilmiştir. Bu değerlendirmeden sonra, yapısında anormal değerler bulunduran ağaçlardan bu değerler çıkarılmış ve çalışmada kullanılan nihai örnek ağaç verileri, iki farklı okaliptüs plantasyonu için gövde çapı ve gövde hacim modelinin geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Her iki okaliptüs türü içinde model geliştirmek amacıyla kullanılan verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.2. *Eucalyptus grandis* (a) and *Eucalyptus camaldulensis* (b) türleri için nisbi çap değerlerinin nisbi bot değerlerine dağılımı

Çizelge 3.1. Okalıptüs plantasyonlarının çap ve hacim modeli geliştirmek amacıyla ölçülen parametrelerine ilişkin nitelendirici istatistikler.

Species	Mean	S.D.	Minimum	Maximum
<i>Eucalyptus grandis (n=190)</i>				
Değişkenler				
Göğüs çapı (<i>D</i> , cm)	33.70	7.60	15.60	51.40
Toplam boy (<i>H</i> , m)	27.70	5.20	16.40	38.00
Disk çapı (<i>d</i> , cm)	21.97	10.21	1.80	55.00
Disk boyu (<i>h</i> , m)	13.33	8.32	0.30	36.30
Ağaç hacmi (m ³)	1.15	0.61	0.16	2.66
<i>Eucalyptus camaldulensis (n=149)</i>				
Değişkenler				
Göğüs çapı (<i>D</i> , cm)	26.30	6.00	12.00	51.70
Toplam boy (<i>H</i> , m)	22.10	4.80	13.60	32.10
Disk çapı (<i>d</i> , cm)	17.14	8.31	1.30	61.50
Disk boyu (<i>h</i> , m)	10.93	6.95	0.30	29.30
Ağaç hacmi (m ³)	0.57	0.32	0.09	2.19

3.2. Yöntem

3.2.1. Gövde çapı modelleri

Yüz yılı aşkın bir zamandır pek çok formda gövde çapı modeli geliştirilmiştir (Max ve Burkhart, 1976; Cao vd., 1980; Clark vd., 1991; Fang vd. 2000; Kozak, 2004; Zakrzewski ve MacFarlane, 2005). 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, tepeye yakın veya dibe yakın seksiyonlarının tanımlanmasında yetersiz kalmaktadır (Max ve Burkhart, 1976;

Fang vd., 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 amaçla bu çalışmada; son yıllarda geliştirilen ve pek çok çalışmada diğer gövde çapı modellerine göre daha başarılı sonuçlar veren (Dieguez-Aranda vd., 2006; Barrio-Anta vd., 2007; Corral-Rivas vd., 2007; Castedo-Dorado vd., 2007; Crecente-Campo vd., 2009; Sevillano-Marco vd., 2009; Pompa-Garcia vd., 2009; Li ve Weiskittel, 2012; Menendez-Miguel vd., 2014). Fang vd. (2000) tarafından geliştirilmiş parçalı gövde çapı modeli kullanılmıştır. Bu modele ilişkin uyumlu çap ve ticari hacim denklemleri aşağıda verilmiştir (Denklem 3.1 ve 3.2).

Fang vd. (2000) Gövde çapı modeli;

$$d = c_1 \sqrt{H^{(k-b_1)/b_1} (1-q)^{(k-\beta)/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}} \quad (3.1)$$

Burada;

$$\begin{cases} I_1 = 1, \text{ eger } p_1 \leq q \leq p_2; & 0 \\ I_2 = 1, \text{ eger } p_2 < q \leq 1; & 0 \end{cases}$$

$$\beta = b_1^{1-(I_1+I_2)} b_2^{I_1} b_3^{I_2} \quad \alpha_1 = (1-p_1)^{(b_2-b_1)k/b_1 b_2}$$

$$\alpha_2 = (1-p_2)^{(b_3-b_2)k/b_2 b_3} \quad r_0 = (1-h_{st}/H)^{k/b_1}$$

$$r_1 = (1-p_1)^{k/b_1} \quad r_2 = (1-p_2)^{k/b_2}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{a_0 D^{a_1} H^{a_2-k/b_1}}{b_1(r_0-r_1) + b_2(r_1-\alpha_1 r_2) + b_3 \alpha_1 r_2}}$$

Ticari Hacim Denklemi;

Gövde çapı modeli kullanılarak elde edilen ticari hacim modeli:

$$v = c_1^2 H^{k/b_1} (b_1 r_0 + (I_1 + I_2)(b_2 - b_1)r_1 + I_2(b_3 - b_2)\alpha_1 r_2 - \beta(1 - q)^{k/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}) \quad (3.2)$$

ve aynı model için toplam gövde hacmi ise aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$V = a_0 D^{a_1} H^{a_2} \quad (3.3)$$

Burada;

$$q = \frac{h}{H}$$

h = ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),

H = toplam ağaç boyu (m),

D = kabuklu göğüs çapı (cm),

d = ölçüm noktasındaki kabuklu çap,

$$p_1 = \frac{h_1}{H} \quad p_2 = \frac{h_2}{H}$$

a_i, b_i ve p_i = regresyon katsayıları, $i = 1..4$ 'nı ifade etmektedir.

3.2.2. İstatistiksel analiz

Fang vd. (2000) tarafından da önerildiği gibi parametre tahminleri için SAS PROC MODEL (SAS Institute, 2004) kullanılmıştır. PROC MODEL, Okalipüt türleri için ticari hacim denklemlerinin ve gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde farklı parametre tahmin seçenekleri sunmaktadır. Örneğin, gövde çapı ve ticari hacim denkleminde hata terimleri bağımsız ve homojen ise "Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi (OLS)", eğer hata terimleri bağımsız değil ve heterojen ise bu durumda "Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (GLS)" önerilmektedir. Bizim model sistemimizde bir denklemdeki endogen değişken diğer denklemde tahminci olarak kullanılmadığı için "Görünüşte Uyumsuz

Regresyon Denklemi (SUR)” yönteminin kullanılabilir olduğu Fang vd. (2000) tarafından belirtilmektedir. Ancak bizim model sistemimiz için parametre tahmininde kullanılacak diğer SAS PROC MODEL yaklaşımları da “*Tam Bilgi Maksimum Olabilirlik Yöntemi (FIML)*” ve “*Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM)*”dur. GMM işlevsel değişkenlere ihtiyaç duymaktadır. Ancak, işlevsel değişkenlerin hazırlanması için standart bir yol bulunmaması ve zayıf işlevsel değişkenlerin tam parametre tahmin sistemini bozabileceği düşüncesi GMM kullanımını zorlaştırmaktadır. Yine Fang vd. (2000) tarafından belirtildiği gibi; GMM daha çok denklem sistemi heterojen varyans problemine sahipse kullanılabilir bir yöntemdir. FIML yöntemi ise GMM’nin aksine işlevsel bir değişkene ihtiyaç duymamakta ve denklem hatalarının çok değişkenli normal dağılıma sahip olduğunu varsaymaktadır. Bizim verilerimizdeki hatalar hemen hemen normal dağılım gösterdiği ve gövde çapı modeli ile ticari hacim denkleminin hata terimleri arasındaki korelasyonun nispeten düşük olması nedeniyle FIML yönteminin kullanılması daha uygun görülmüştür (Fang vd., 2000). Örneğin gövde çapı modeli ile ticari hacim denklemlerinin hata terimleri arasındaki kovaryans Okalipütüs grandis için $Cov(\varepsilon_d, \varepsilon_{vm})=0.085$ olarak bulunmuştur. SAS PROC MODEL (SAS Institute, 2002) kullanılarak FIML parametre tahmin yöntemi ile gövde çapı ve hacim tahminlerindeki hatayı minimize etmek için, gövde çapı ve hacim denklemi eşzamanlı olarak çözülmüştür. Bütün parametreler her iki denkleme de paylaştırılmıştır.

Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin, ağaç gövdesinin değişik yerlerdeki çap ve ticari hacim tahminleri için farklı çap ve boy sınıfları ve ağaç gövdesinin değişik parçalarındaki doğruluk durumunu görmek için değerlendirmeler aynı zamanda hem çap hem de hacim için nispi (Rölatif) boylar dikkate alınarak da gerçekleştirilmiştir.

Okalipütüs grandis ve Okalipütüs camaldulensis için ayrı ayrı geliştirilen gövde çapı-gövde hacim modelleri arasında farklılıkların olup olmadığını test etmek için “**Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı**” yöntemi ve “**Lakkis ve Jones**” tarafından önerilen χ^2 testleri kullanılmıştır (Neter vd. 1996; Khattree ve Naik, 1999). Her iki yöntemde tam ve azaltılmış modellerinin fit edilmesini

gerektirmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda; eğer farklı ağaç türleri için geliştirilen gövde çapı ve ticari hacim denklemlerinin parametreleri arasında anlamlı fark bulunmaması durumunda ortak bir gövde çapı veya gövde hacim modeli kullanılabilir. Bu da orman envanteri çalışmaları sırasındaki envanter maliyetini oldukça azaltacaktır. Tam ve azaltılmış model karşılaştırmalarında F-testi ve χ^2 testleri esas alınacaktır. Bu denklem formlarına ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_F)/(df_R - df_F)}{SSE_F/df_F} \quad (3.4)$$

Burada:

SSE_R = azaltılmış modelin ekstra kareler toplamı,

SSE_F = boş değişkenler kullanarak tam modelin ekstra kareler toplamı,

df_R = azaltılmış modelin serbestlik derecesi,

df_F = tam modelin serbestlik derecesidir.

Genel olarak, P -değeri 0.05 den daha az olduğunda yetiştirme ortamları arasında önemli fark olduğu kabul edilmektedir.

$$\text{Lakkis ve Jones testi: } L = \left(\frac{SSE_F}{SSE_R} \right)^{\frac{n}{2}}; \quad (3.5)$$

Burada; $v = df_R - df_F$; SSE_R , SSE_F , df_R ve df_F yukarıdaki formülde açıklandığı şekildedir. n =örnek sayısını ifade etmektedir.

Çoklu bağıntı çoklu doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon analizlerinde bağımsız değişkenler arasındaki güçlü bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Model yapısındaki değişkenler arasındaki çoklu-bağıntı probleminin varlığını değerlendirmek için Koşul Sayısı (Condition Number-CN) kullanılmıştır. Koşul sayısı korelasyon matrisinin en küçük ve en büyük özdeğerinin oranının kare kökü olarak ifade edilmektedir. Belsey (1991)'e göre şayet Koşul Sayısı 5-10 arasında ise çoklu bağıntı problem değildir, şayet 30-100 arasında ise çoklu bağıntı ile ilgili bir problem olabilir, ama 1000-3000 arasında ise şiddetli çoklu

bağıntı problemi olabileceği ifade edilmektedir. Myers (1990); koşul sayısının 32'den daha büyük olması durumunda çoklu-bağıntı ile ilgili bir problemin varlığına işaret olacağını ifade etmektedir. Xu (2009) çoklu bağıntı probleminin geliştirilen modelin parametre sayısı ile yakından ilgili olduğunu ve modeldeki parametre sayısının artması ile çoklu bağıntı problemin ortaya çıkma ihtimalinin artacağını ifade etmiştir.

3.2.3. Model Performanslarının Değerlendirmesinde Kullanılan Ölçütler

Geliştirilen gövde çapı modellerin tahmin performansının testi için ortalama hata (E), ortalama hata yüzdesi (%E), tahminlerin standart hatası (SEE), tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE), Belirtme katsayısı (R^2) gibi ölçüt değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin elde edilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (3.6)$$

$$E\% = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i) / n}{\bar{y}} \times 100 \quad (3.7)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \quad (3.8)$$

$$SEE\% = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} / \bar{y} \right) \cdot 100 \quad (3.9)$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] \quad (3.10)$$

Burada; y_i ölçülen değerleri, \hat{y}_i model ile tahmin edilen değerleri, \bar{y} ölçülen değerlerin ortalamasını, n model geliştirmek için kullanılan toplam gözlem sayısını ve p ise tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir.

Kozak ve Kozak (2003) tarafından yapılan bir çalışmada; geliştirilen modellerin bağımsız bir veri seti ile geçerliliğinin testinin önemli olduğu belirtilmektedir. Ancak, ilgili çalışmada bağımsız veri seti tanımı ile model geliştirmek amacıyla verilerin toplandığı alandan diğer bir veri grubu kastedilmemiş, başka alanlardan toplanan veriler kullanılarak yapılacak değerlendirmeler ifade edilmiştir. Geliştirilen modellerin geçerliliğinin ortaya konması için kullanılacak diğer alternatifler olarak da; çapraz doğrulama (Cross-validation) ya da çift çapraz doğrulama (double cross-validation) yöntemleri kullanılabilir. Ancak Kozak ve Kozak (2003) hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, bağımsız bir veri seti ile elde edilecek sonuçların modelin geçerliliği hakkında model geliştirme testlerine ilaveten çok az miktarda ekstra bilgi verebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada gövde çapı ve ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesine ilişkin olarak modelin testi yapılmamıştır. Ancak bu çalışmada kullanılan Fang vd. (2000) modelinin toplam ağaç hacmi tahminlerindeki başarısı ile okalipütüs grandis ve okalipütüs camaldulensis için sırasıyla Öztürk (2000) ve Yıldızbakan vd. (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablolarının başarıları kıyaslanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Gövde apı ve ticari hacim denklemlerine ilişkin bulgular

FIML parametre tahmin yöntemi kullanılarak her iki okaliptüs türü için gövde çapı ve ticari hacim denklemleri için elde edilen sonuçlar izelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1'den de grldğu gibi her iki okaliptüs türü için de bütün parametreler $p < 0.0001$ önem düzeyinde anlamlıdır. Parçalı gövde çapı modelleri, gövdenin farklı bölümleri için kullanılan geometrik cisim hacimlerinin birleŐtirilmesi için bağlantı noktaları kullanmaktadır (inflection point). Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli kullanılarak okaliptüs türleri için yapılan tahminlerde, bağlantı noktaları, okaliptüs grandis için toplam ağaç boyunun %3.6 ve %45.6 sında bulunmuştur. Okaliptüs camaldulensis için ise bu noktalar toplam ağaç boyunun yaklaşık %6.4 ile %71'inde bulunmaktadır. Her iki tür içinde birinci bağlantı noktası (p_1) göğüs çapının yakın bir noktada bulunmaktadır. İkinci bağlantı noktası (p_2) ise tepe tacının oluşmaya başladığı gövde bölümüne daha yakındır. Bu sonuçlar iki okaliptüs türü içinde gövde çapı tahminlerinde iki bağlantı noktasının kullanılmasının daha uygun olacağını göstermektedir.

Çizelge 4.1. İki farklı okalıptüs türü ve uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri için elde edilen parametre tahminleri

Parametreler	<i>Okalıptüs grandis</i>		<i>Okalıptüs camaldulensis</i>		
	Tahmin	Std. Hata	Tahmin	Std. hata	<i>p</i> -değeri
a_0	0.000058	1.426E-6	0.000105	1.515E-6	<0.0001
a_1	2.027231	0.00563	1.828332	0.00419	<0.0001
a_2	0.803353	0.00646	0.824602	0.00568	<0.0001
b_1	0.000011	1.461E-6	0.000012	6.598E-7	<0.0001
b_2	0.000031	4.4E-7	0.000032	1.191E-7	<0.0001
b_3	0.000032	9.417E-8	0.000031	3.497E-7	<0.0001
p_1	0.03626	0.00726	0.064301	0.00463	<0.0001
p_2	0.455905	0.0921	0.709985	0.0371	<0.0001

Bu sonuçlar Crecente-Campo vd. (2009), Perez vd. (2013), Quinonez-Barraza vd. (2014) tarafından yapılan çalışmalarda da görülmüştür. BU çalışmalarda da ilgili türler için iki katılma noktasının uygun olacağı görülmüştür. Her iki okalıptüs türü içinde elde edilen form faktörü değrleri sırasıyla okalıptüs grandis için 0.140, 0.395 ve 0.408 ve okalıptüs camaldulensis için ise sırasıyla, 0.153, 0.408 ve 0.395 olarak elde edilmiştir. Her iki tür içinde genel bir değerlendirme yapılacak olursa, form faktör değerleri gövdenin alt kısmında daha küçük gövdenin üst kısımların ise daha yüksektir. Her iki ağaç türü içinde elde edilen bu form faktör değerleri genel olarak nayloid, paraboloid ve koni'nin form faktör değerlerine oldukça yakındır (Fang vd. 2000). Bu forem faktör değerlerine göre okalıptüs türlerinin gövde formlarının dip kısımda nayloid'e gövdenin orta kısmının paraboloid'e ve uç kısmın ise koniye benzediği sonucu çıkarılabilir. Katılma noktalarının yeri tibariyle değerlendirme yapıldığında, okalıptüs camaldulensisin çalışma alanı için okalıptüs grandise göre nispeten daha silindirik gövde formuna sahip olduğu söylenebilir. Ancak ticari hacim değeri yüksek odun kısmı ağaç gövdesinin alt kısımlarınd aoduğu için okalıptüs grandisin okalıptüs camaldulensise göre dahja yüksek ticari hacim değerine sahip olduğu söylenebilir.

Bununla birlikte Çizelge 4.2'de incelendiğinde, Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen değişken form diferansiyel denklem temelli parçalı gövde çapı denklemi her iki okalıptüs türü içinde çap ve ticari hacim tahminlerinde oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Geliştirilen modeller yardımı ile her iki okalıptüs türü içinde çap tahminlerindeki toplam varyansın %97'si, ticari hacim tahminlerindeki toplam varyansında %98'i açıklanabilmektedir. Yine aynı model yardımı çap tahminlerindeki hata iki ağaç türü içinde 2.0 cm'den ticari hacim tahminlerindeki hatada 0.09 m³ den daha az bulunmuştur. Çizelge 4.2 incelenen olursa her ki model içinde benzer sonuçların elde edildiği söylenebilir. Her iki okalıptüs türü içinde Fang vd. (2000) modeli ile yapılan çap tahminlerinin ortalama hata değerleri itibariyle, genel olarak, gerçek değerlerden daha büyük elde edildiği söylenebilir. Ticari hacim tahminleri ise, gerçek hacim değerlerinden daha düşük olarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.2. İki farklı okalıptüs türü ve uyumlu gövde çapı ve ticari gövde hacim denklemleri için ölçüt değerleri.

Türler	E	%E	SEE	%SEE	R ²	CN*
<i>Okalıptüs grandis</i>						
Gövde Çapı (cm)	-0.0231	-0.1091	1.8113	8.5635	0.9721	70
Hacim (m ³)	0.0006	0.0750	0.0852	9.9346	0.9800	
<i>Okalıptüs camaldulensis</i>						
Gövde Çapı (cm)	-0.0511	-0.3124	1.5424	9.4243	0.9697	49
Hacim (m ³)	0.0003	0.0634	0.0509	12.1116	0.9740	

E: Ortalama hata, %E: Ortalama hata yüzdesi, SEE: tahminlerin standart hatası, %SEE tahminlerin standart hata yüzdesi, R²: Belirtme katsayısı, *CN: Koşul Sayısı

Yukarıdaki bölümlerde belirtildiği gibi; gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve analiz edilmesinde en çok karşılaşılan problemlerden birisi, çoklu bağıntı problemleridir. Bu problem sıradan en küçük kareler (OLS) yaklaşımının temel varsayımı ile olan hataların bağımsızlığı kuralını bozmakta ve model katsayılarının standart hatalarını ciddi şekilde arttırabilmektedir. Bu yüzden gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde, çoklu bağıntı problemini azaltabilmek için uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği

belirtilmektedir (LeMay vd., 1993; Kozak, 1997). Modeldeki değişkenler arasındaki çoklu-bağıntı probleminin ortaya çıkarılmasında Koşul Sayısı (*Condition Number-CN*) kullanılmıştır. Belsey (1991)'e göre şayet Koşul Sayısı 5-10 arasında ise çoklu bağıntı problem değildir, şayet 30-100 arasında ise çoklu bağıntı ile ilgili bir problem olabilir, ama 1000-3000 arasında ise şiddetli çoklu bağıntı problemi olabileceği ifade edilmektedir.

Her iki okalıptüs türü içinde Fang vd. (2000) modeli orta derecede çoklu bağıntı problemi göstermiştir. Fang vd. (2000) modeli için koşul sayıları okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için sırasıyla 70 ve 49 olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, çoklu bağıntı problemi, modellerin pratik kullanımları açısından büyük önem arz etmemektedir (Crcente-Campo vd., 2009).

Okalıptüs grandis ve Okalıptüs camaldulensis türleri için, geliştirilen gövde çapı ve ticari hacim denklemlerinin etkinliği daha yakından test edilmiştir. Bu amaçla, çap ve ticari hacim tahminlerine ilişkin hata ve hata yüzdesi (*E* ve *%E*) ile standart hata ve standart hata yüzdesi değerlerinin (*SSE* ve *%SEE*); ap sınıfları (izelge 4.3), boy sınıfları (izelge 4.4) ve nisbi boy değerleri için (izelge 4.5) değerlendirilmesi de yapılmıştır. Hata yüzdesi ve tahminlerin standart hatalarına ilişkin hata yüzdesi değerlerinin bulunmasında ilgili sınıf değerlerinin ölçülen ortalama değerleri temel alınmıştır.

Ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası ve tahminlerin standart hata yüzdesi değerlerinin çap sınıfları ve boy sınıfları itibariyle dağılımları incelendiğinde, her iki okalıptüs türü içinde, bu değerlerin nispeten sabit olduğu ve çap ve boy sınıfları için büyük varyasyon göstermediği söylenebilir (izelge 4.3 ve 4.4). Bu sonuçlar iki okalıptüs türü içinde, çalışmada kullanılan parçalı gövde çapı modelinin gövdenin alt parçaları kadar üst parçalarını da iyi temsil edebildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.3. Okaliptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin çap sınıfları itibariyle dağılımı.

Türler	Çap		Gövde çapı				Ticari Hacim			
	sınıfı (cm)	n	Hata (cm)	% Hata	SEE (cm)	%SEE	Hata (m ³)	% hata	SEE (m ³)	%SEE
EG	16	35	-0.2711	-2.6528	0.5616	5.4955	-0.0037	-3.4021	0.0060	5.5052
EG	20	218	-0.1378	-1.0968	0.9450	7.5203	-0.0062	-3.3728	0.0136	7.4136
EG	24	328	0.3752	2.5206	1.9106	12.8346	0.0054	1.8332	0.0498	16.9178
EG	28	504	0.3738	2.1523	1.4784	8.5126	0.0065	1.4033	0.0434	9.4121
EG	32	915	0.0884	0.4610	1.6789	8.7526	-0.0026	-0.4417	0.0654	10.9413
EG	36	1019	-0.1866	-0.8867	1.7594	8.3623	-0.0109	-1.4232	0.0644	8.4183
EG	40	893	-0.1595	-0.6843	2.0561	8.8195	0.0046	0.4280	0.1123	10.5546
EG	44	753	-0.0025	-0.0096	1.9042	7.3892	0.0133	0.9869	0.0976	7.2634
EG	48	389	-0.1577	-0.5724	2.1291	7.7279	0.0098	0.5992	0.1408	8.5671
EG	52	34	-2.1837	-7.7599	3.0256	10.7516	-0.1362	-7.1962	0.1878	9.9224
	All	5088	-0.0231	-0.1091	1.8113	8.5635	0.0006	0.0750	0.0852	9.9346
EC	12	15	-0.6023	-7.5918	1.0622	13.3888	-0.0045	-7.6321	0.0058	9.8016
EC	16	115	-0.1001	-1.0806	0.8530	9.2043	-0.0043	-4.0416	0.0100	9.4454
EC	20	405	-0.2465	-2.0607	1.2396	10.3644	-0.0082	-4.5725	0.0210	11.6746
EC	24	678	-0.1806	-1.2646	1.3823	9.6782	-0.0084	-3.0850	0.0299	10.9785
EC	28	814	0.2670	1.6000	1.2939	7.7539	0.0071	1.7586	0.0350	8.6293
EC	32	874	-0.3142	-1.7410	1.7697	9.8056	-0.0071	-1.3602	0.0585	11.1928
EC	36	295	0.5839	2.7721	1.7237	8.1833	0.0357	4.6059	0.0787	10.1673
EC	40	69	0.0658	0.2844	2.8126	12.1544	0.0264	3.2295	0.1086	13.2914
EC	44	25	1.1628	4.5466	1.6172	6.3230	0.0950	9.2992	0.1155	11.3039
EC	52	31	-2.4370	-8.8867	3.7496	13.6735	-0.1239	-7.7968	0.1911	12.0243
	All	3321	-0.0511	-0.3124	1.5424	9.4242	0.0003	0.0634	0.0509	12.1116

EG: Okaliptüs grandis, EC: Okaliptüs camaldulensis

Diğer yandan Çizelge 4.6 incelendiğinde her iki okaliptüs türü içinde daha uzun boylu ağaçlarda, çap ve hacim tahminlerinin daha düşük %SEE değerleri ile elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. Okaliptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin boy sınıfları itibariyle dağılımı.

Türler	Boy		Gövde çapı				Ticari Hacim			
	sınıfı (m)	n	Hata (cm)	% Hata	SEE (cm)	%SEE	Hata (cm)	% Hata	SEE (cm)	%SEE
EG	16	17	1.1417	9.4536	2.2856	18.9259	0.0045	3.3755	0.0122	9.1978
EG	20	330	-0.2581	-1.5167	1.5357	9.0253	-0.0099	-2.5713	0.0371	9.6803
EG	24	825	-0.4737	-2.6550	1.7891	10.0267	-0.0083	-1.7448	0.0505	10.5558
EG	28	1514	0.2665	1.2994	1.8490	9.0162	0.0116	1.5966	0.0743	10.1969
EG	32	1243	0.3376	1.5301	1.8629	8.4429	0.0142	1.5120	0.0942	10.0570
EG	36	870	-0.5110	-2.0966	1.7607	7.2244	-0.0272	-2.0795	0.1027	7.8446
EG	40	289	-0.1322	-0.5161	1.9364	7.5610	0.0063	0.4211	0.1443	9.5667
	All	5088	-0.0231	-0.1091	1.8113	8.5635	0.0006	0.0750	0.0852	9.9346
EC	16	355	-0.1326	-0.9896	1.1748	8.7651	-0.0041	-2.1482	0.0183	9.6473
EC	20	896	-0.0006	-0.0038	1.5519	9.9991	0.0000	-0.0077	0.0424	13.6473
EC	24	906	-0.2127	-1.3040	1.8314	11.2299	-0.0042	-1.0446	0.0601	14.9790
EC	28	532	-0.0112	-0.0678	1.4055	8.4969	0.0013	0.2776	0.0489	10.2183
EC	32	632	0.1210	0.6303	1.3768	7.1733	0.0086	1.1984	0.0613	8.5333
	All	3321	-0.0511	-0.3123	1.5424	9.4242	0.0003	0.0634	0.0509	12.1116

EG: Okaliptüs grandis, EC: Okaliptüs camaldulensis

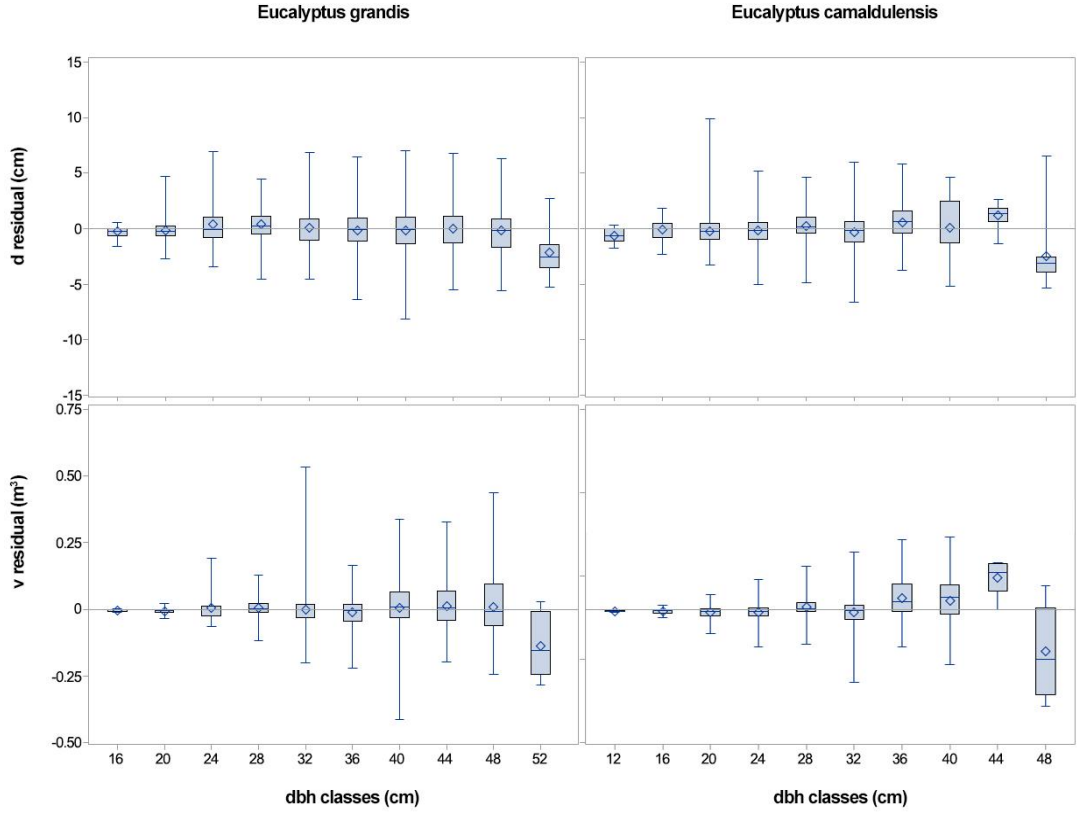
Çap ve ticari hacim tahminleri için elde edilen ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası ve tahminlerin standart hata yüzdesi değerlerinin nisbi boy sınıflarına dağılımı ise Çizelge 4.5'de verilmiştir. Elde edilen %SEE değerleri incelendiğinde her iki okaliptüs türü içinde değerlerin toplam ağaç boyunun %50-60'ından daha sonra nispeten arttığı görülmektedir. Bu durum okaliptüs türlerinde de diğer ağaç türlerine göre az olmasada tepe tacının oluşmaya başladığı yükseliğin yaklaşık bu bölgelerde olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, bu drum hacim tahminleri açısından büyük önem oluşturmamaktadır. Çünkü ağaç gövdesinin ticari açıdan önemli kısmı boyun %50'nin daha altında olduğu bölümlerdir.

Çizelge 4.5. Okalıptüs türleri için ortalama hata, ortalama hata yüzdesi, tahminlerin standart hatası (SEE) ve tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE) değerlerinin nisbi boy sınıfları itibariyle dağılımı.

Türler	Nisbi boy	n	Gövde çapı				Ticari Hacim			
			Hata (cm)	% Hata	SEE (cm)	%SEE	Hata (cm)	% Hata	SEE (cm)	%SEE
EG	0.0-0.1	556	-0.1452	-0.4102	1.1930	3.3699	0.0003	0.2563	0.0061	5.2435
EG	0.1-0.2	524	-0.0997	-0.3169	1.5522	4.9317	0.0000	-0.0046	0.0243	6.1779
EG	0.2-0.3	521	-0.1280	-0.4486	1.6568	5.8068	-0.0011	-0.1829	0.0442	7.2406
EG	0.3-0.4	516	-0.1179	-0.4582	1.8223	7.0801	-0.0012	-0.1451	0.0628	7.8876
EG	0.4-0.5	520	-0.0971	-0.4252	1.9378	8.4875	-0.0001	-0.0082	0.0806	8.5590
EG	0.5-0.6	520	-0.0567	-0.2877	2.0131	10.2075	-0.0041	-0.3965	0.0958	9.1729
EG	0.6-0.7	529	0.1371	0.8232	2.1034	12.6318	0.0008	0.0743	0.1044	9.1841
EG	0.7-0.8	513	0.2034	1.5468	2.0721	15.7572	-0.0008	-0.0669	0.1150	9.6325
EG	0.8-0.9	492	0.0237	0.2614	2.0971	23.1704	0.0049	0.3921	0.1191	9.5938
EG	0.9-1.0	397	0.0883	3.0383	1.4686	50.5519	0.0103	0.8051	0.1254	9.7840
All		5088	-0.0231	-0.1091	1.8113	8.5635	0.0006	0.0750	0.0852	9.9346
EC	0.0-0.1	350	-0.1988	-0.7054	1.2778	4.5348	0.0002	0.3068	0.0048	9.6818
EC	0.1-0.2	325	-0.1555	-0.6210	1.2877	5.1418	0.0010	0.4906	0.0120	6.1589
EC	0.2-0.3	338	-0.1498	-0.6637	1.4836	6.5715	0.0002	0.0774	0.0206	6.8814
EC	0.3-0.4	330	-0.2123	-1.0478	1.5960	7.8750	-0.0007	-0.1723	0.0316	8.1136
EC	0.4-0.5	325	-0.1602	-0.8812	1.6798	9.2395	-0.0012	-0.2547	0.0443	9.4140
EC	0.5-0.6	332	0.1045	0.6565	1.9231	12.0834	-0.0011	-0.2053	0.0527	10.1666
EC	0.6-0.7	328	0.1174	0.8703	1.9538	14.4830	-0.0003	-0.0468	0.0648	11.1883
EC	0.7-0.8	336	0.0599	0.5789	1.6920	16.3638	0.0018	0.3121	0.0702	11.8493
EC	0.8-0.9	327	0.0310	0.4494	1.4549	21.0842	0.0013	0.2222	0.0765	12.6323
EC	0.9-1.0	330	0.0595	2.8035	0.8558	40.2920	0.0013	0.2229	0.0710	12.0421
All		3321	-0.0511	-0.3124	1.5424	9.4242	0.0003	0.0634	0.0509	12.1116

EG: Okalıptüs grandis, EC: Okalıptüs camaldulensis

Heidarsson ve Pukkala (2011) tarafından da belirtildiği gibi, geliştirilengövde çapı modellerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasında kullanılabilir bir yol da hataların dağılımının incelenmesidir. Ölçülen çap veya hacim değerleri ile model yardımı ile tahmin edilen çap ve hacim değerleri arasındaki fark hata olarak isimlendirilmektedir. Pozitif hata model ile elde edilen değer gerçekten daha düşük olduğunu, negatif hatalar ise model tahmin edilen değer gerçekten daha büyük elde edildiği anlamına gelmektedir. Bu amaçla gövde çapı ve ticari hacim tahminlerinde hataların her iki okalıptüs türü içinde çap sınıflarına, boy sınıflarına ve nisboylara göre dağılımları sırasıyla şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.

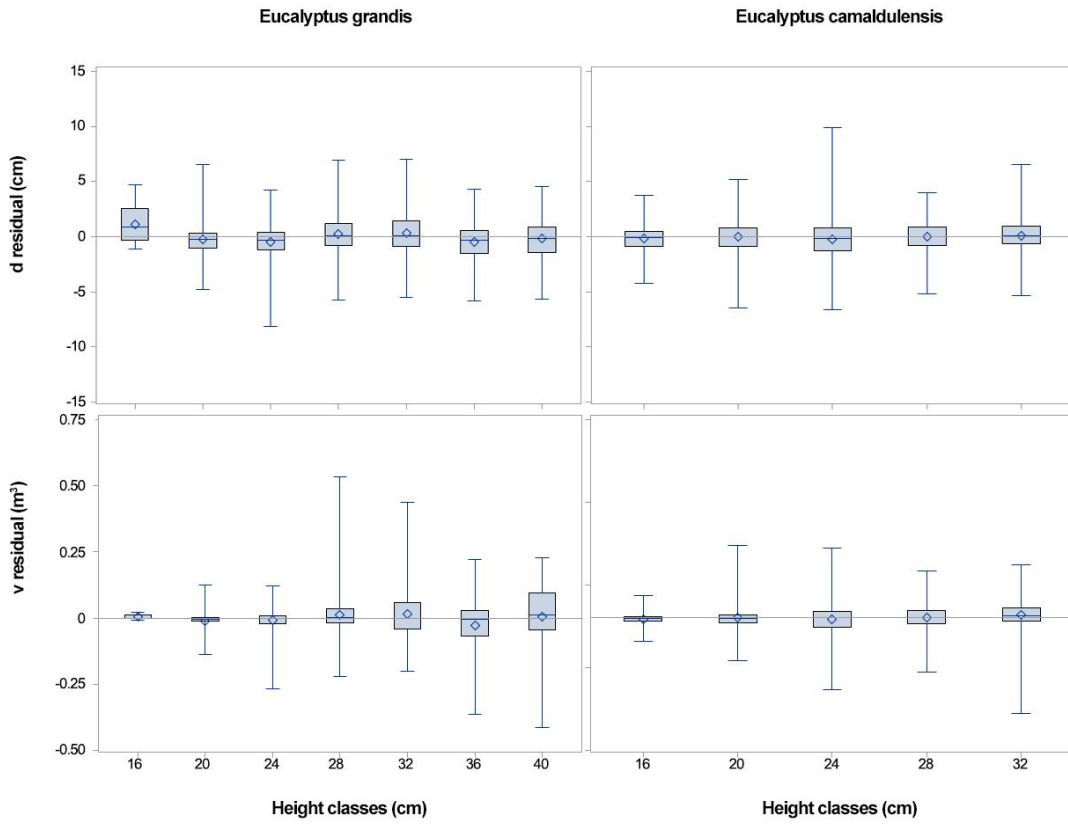


Şekil 4.1. Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların çap sınıflarına dağılım grafiği. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını temsil etmektedir. Kutular hataların yayılma alanını temsil etmektedir. Yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Şekil 4.1'ün incelenmesinden de görüleceği gibi, hata dağılımları her iki okalıptüs türü içinde benzer değildir. Okalıptüs camaldulensis türü özellikle kalın çap sınıflarında açık bir şekilde negatif yönlü ve daha büyük hata tahminleri göstermektedir. Buna karşın Okalıptüs camaldulensis hacim tahminleri, her çap sınıfı için daha düşük bir varyasyon genişliği göstermektedir. Okalıptüs grandis son çap sınıf hariç diğer çap sınıfları için negatif yönlü ancak okalıptüs camaldulensise göre daha küçük tahmin hataları üretmiştir. Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model her iki okalıptüs türü içinde ince ve orta çap sınıfları için oldukça küçük hatalar göstermiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir.

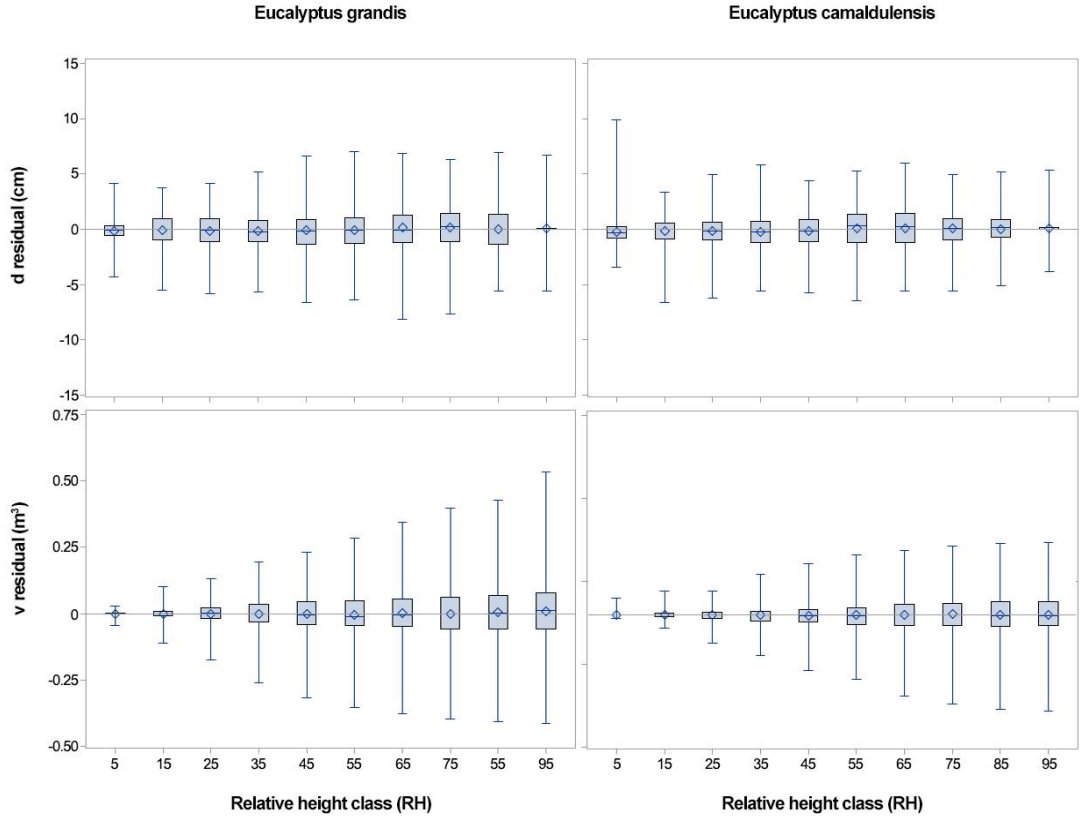
Şekil 4.2 incelendiğinde ise, her iki ağaç türü içinde boy sınıfları için hataların boy sınıflarına dağılımı bakımından önemli bir farklılığın ortaya çıkmadığı

görülmektedir. Her iki ağaç türü içinde modelin çap ve ticari hacim tahminlerindeki hataları boy sınıfları için homojen bir dağılış göstermektedir.



Şekil 4.2. Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların boy sınıflarına dağılım grafiğı. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını temsil etmektedir. Kutular hataların yayılma alanını temsil etmektedir. Yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Şekil 4.3'te ise Fang vd. (2000) modeli ile her iki okalıptüs türü için çap ve ticari hacim tahminlerindeki hataların nisbi boy sınıfları için dağılımı verilmiştir. İlgili şekildende görüleceğı gibi hataların hem çap hemde ticari hacim tahminleri için nisbi boy sınıflarına dağılımı homojen bir dağılış göstermektedir. Ancak ticari hacim tahminlerinde hataların nisbi boy sınıflarına dağılımı okalıptüs grandis için, okalıptüs camaldulensis'e göre daha yüksek varyasyon göstermektedir.



Şekil 4.3. Okaliptüs grandis ve okaliptüs camaldulensis için çap ve hacim tahminlerinde ortaya çıkan artıkların boy sınıflarına dağılım grafiği. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını temsil etmektedir. Kutular hataların yayılma alanını temsil etmektedir. Yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Diğer yandan, iki farklı okaliptüs türü için geliştirilen gövde çapı ve ticari hacim denklemlerinin parametreleri bakımından benzer olup olmadığı ya da her iki tür içinde aynı denklem parametrelerinin kullanılıp kullanılmayacağı da araştırılmıştır. Bu amaçla proje önerisinde de belirtilen “Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı” ve “Lakkis ve Jones” tarafından önerilen χ^2 testleri kullanılmıştır (Neter vd. 1996; Khattree ve Naik, 1999). Genel olarak, P -değeri 0.05 den daha az olduğunda ağaç türleri arasında denklem parametreleri bakımından önemli fark olduğu kabul edilmektedir. Bu amaçla yapılan değerlendirmelere ilişkin sonuçlar Çizelge 4.6’de verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi her iki okaliptüs türü içinde farklı denklem parametrelerinin tahmin edilmesi ve kullanılması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı Okaliptüs türleri için Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli için F-testi sonuçları

Model Pair	<i>n</i>	Tam Model		Azaltılmış Model		<i>F-değeri</i>	<i>P-değeri</i>
		<i>df_F</i>	<i>SSE_F</i>	<i>df_R</i>	<i>SSE_R</i>		
<i>E. Grandis-E. Camaldulensis</i>	8071	8051	24374.7	8061	24721.7	11.46	<0.0001

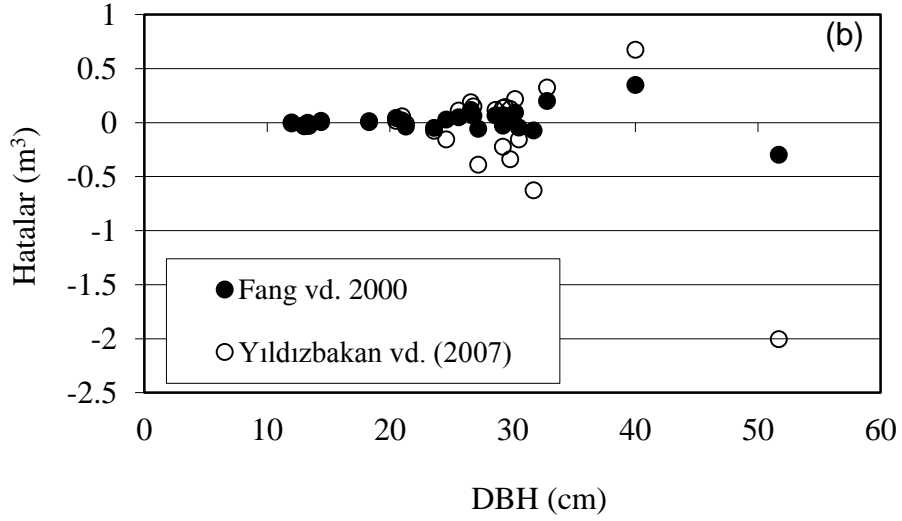
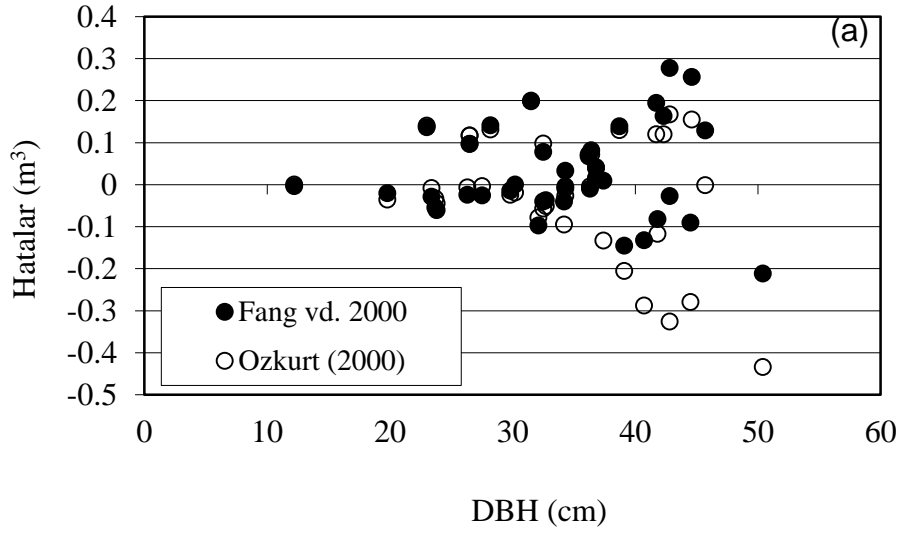
The *F*-değeri Denklem (4) kullanılarak bulunmuştur. *n* gözlem sayısı, *SSE_F*, *df_F*, *SSE_R* ve *df_R* sırasıyla tam ve Azaltılmış modeller için hata kareler toplamı ve serbestlik derecesini ifade etmektedir.

Diğer yandan Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen ticari hacim denklemi kullanılarak elde edilen toplam ağaç hacmi değerleri ile Okaliptüs grandis için Özkurt (2000) tarafından ve Okaliptüs camaldulensis için Yıldızbakan vd. (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim denklemi kullanılarak elde edilen hacim değerleri karşılaştırılmıştır. Gerçek hacim değerleri için ağaç gövdesi 1 metrelik seksiyonlara ayrılmış ve Smalian formülü kullanılarak seksiyon hacimleri hesaplanmış ve toplanmıştır. Uç kısmın hacmi ise koni hacmi yardımı ile bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir. Çizelge 3.8'den de görüleceği gibi; bu çalışmada, ticari hacim tahminleri için önerilen Fang vd. (2000) modeli ile elde edilen toplam ağaç hacmi değerleri, Okaliptü grandis için Özkurt (2000) ve Okaliptüs camaldulensis için Yıldızbakan vd. (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablolarına göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sonuçlar incelendiğinde okaliptüs camaldulensis için önerilen model ile Yıldızbakan vd. (2007) tarafında önerilen model arasında daha yüksek farklar çıkmıştır. Bu durum, Yıldızbakan vd. (2007) tarafında yapılan çalışmada kalın çaplı ağaç miktarının az olmasında kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.7. Okaliptüs plantasyonları için önerilen Fang vd. (2000) modeli ile var olan çift girişli hacim talosu sonuçlarının karşılaştırılması.

Türler	Ortalama Hata (m ³)	SEE (m ³)
Okaliptüs grandis		
Fang vd. (2000)	0.1315	0.6780
Özkurt (2000)	0.0921	0.6873
Okaliptüs camaldulensis		
Fang vd. (2000)	0.0180	0.1071
Yıldızbakan vd. (2007)	-0.0637	0.6873

Yapılan değerlendirmelerin grafiksel sonuçları ise Şekil 4.4'de verilmiştir. Her iki ağaç türü için elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen ticari hacim denklemi ile elde edilen sonuçların çift girişli hacim denklemleri ile elde edilen sonuçlara göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir. Her iki ağaç türü için de, çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kalın çaplı ağaçlarda daha yüksek hacim hatası verdiği görülmüştür. Küçük çaplı ağaçlarda ise önerilen ticari hacim denklemi ile hacim tablosu sonuçlarının nispeten benzer olduğu görülmektedir. Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model tüm çap değerlerinde okaliptüs camaldulensis için daha homojen sonuçlar vermiştir. Yıldızbakan vd. (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosu özellikle kalın çap sınıfları için yüksek hata miktarı üretmiştir. Bunun nedeni olarak Yıldızbakan vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada kalın çaplı ağaç miktarının az olması gösterilebilir.



Şekil 4.4. Toplam ağaç hacmi için önerilen Fang vd (2000) modeli ile Okaliptüs grandis (a) ve Okaliptüs camaldulensis (b) ağaç hacim tablosu sonuçlarının karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Mersin-Tarsus Yöresi Okalıptüs plantasyonları (Okalıptüs grandis ve Okalıptüs camaldulensis) için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla değişik ülkelerde, farklı araştırmacılar tarafından ve farklı ağaç türleri için yapılan çalışmaların sonuçları dikkate alınarak Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli seçilmiştir.

Geçen yüz yılda pek çok ağaç türü çok sayıda gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir (Trincado vd. 1996; Trincado ve Burkhart 2006; Kozak 2004; Corral-Rivas vd. 2007; Berhe ve Arnoldsson 2008; Brooks vd. 2008; Petersson 1999; Fang vd. 1999; Hibbs vd 2007; Kozak 1997; Sharma ve Burkhart 2002). Ancak bu modeller içerisinde en başarılı model grubu olarak parçalı gövde çapı modelleri daha öne çıkmıştır. Bu gövde çapı modellerinin diğer modellere göre daha başarılı olmasının nedeni; gövde çapı modellerinin integrali alınarak hacim hesaplamaları için kolaylıkla hacim denklemlerine dönüştürülebilir olmasıdır (Martin 1981; Parresol vd. 1987; Clark vd. 1991; Figueiredo-Filho vd. 1996; Jiang 2004; Li ve Weiskittel 2010). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, gövde çapı ve ticari hacim tahminlerinin, Fang vd (2000) tarafından geliştirilen ticari hacim denklem sistemiyle daha başarılı olarak yapıldığı görülmüştür (Dieguez-Aranda vd. 2006; Barrio-Anta vd. 2007; Corral-Rivas vd. 2007; Pompa-Garcia vd. 2009; Crecente-Campo vd. 2009; Li ve Weiskittel 2010).

Çalışma kapsamında her iki okalıptüs plantasyonu içinde ayrı ayrı ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen ticari hacim denklemlerinin hacim tahminlerinde oldukça başarılı olduğu yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda görülmüştür. Ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesinde gövde çapı ve ticari hacim denkleminin eş zamanlı çözümü gerçekleştirildiği için denklem sistemindeki tüm parametreler özel bir anlam taşımaktadır. Öncelikle denklem sisteminde tahmin edilen p_1 ve p_2 katılma noktaları değerlendirildiğinde, p_1 katılma noktası her iki okalıptüs türü için de göğüs çapına (%6) yakın yerde yer alırken, p_2 katılma noktası ise, grandis için toplam

boyun %56'lık kısmında yer alırken, camaldulensis için %71'lik kısmında yer almaktadır. Sonuç olarak, ilgili ticari hacim ve gövde çapı denklem sistemi iki katılım noktası ile gövdeyi üç parçaya ayırmaktadır. Yukarıda belirtilen diğer çalışmalarda da katılım noktalarının yerine ilişkin benzer sonuçlar bulunmuştur (Dieguez-Aranda vd., 2006; Crecente-Campo vd., 2009; Li ve Weiskittel, 2010).

Bu çalışma kapsamında her iki okalıptüs türünün gövde formunun hangi geometrik şekle daha yakın olduğunu tahmin edebilmek için her iki tür için ayrı ayrı yapılan parametre tahminleri sonucu elde edilen b_1 , b_2 ve b_3 parametreleri göğüs çapını göğüs yüzeyine dönüştürmek için kullanılan ve değeri 0.000078359 olan sabit bölündüğünde, grandis için sırasıyla 0.127, 0.382 ve 0.407 ve camaldulensis için 0.153, 0.407 ve 0.395 değerleri elde edilmiştir. Bu değerler sırasıyla neiloid, paraboloid ve koni için verilen 0.250, 0.500 ve 0.333 değerlerine oldukça yakındır. Bu sonuçlar her iki okalıptüs türünün de ilgili yörede gövde formunun dipten itibaren neiloid, paraboloid ve koni şeklinde bir değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Diğer yandan, her iki okalıptüs plantasyonu için geliştirilen ticari hacim ve gövde çapı denklem sisteminin çap ve boy sınıfları ile nisbi boy sınıfları için yapılan değerlendirmelerinde, ortalama hata ve hataların standart sapma değerleri, tüm çap ve boy sınıfları için genel olarak sabittir. Ağaçlarda, dipten tepeye doğru herhangi bir artış veya azalış trendi göstermemektedir.

Test verileri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde de benzer bir durum görülmüş ve geliştirilen gövde çapı ve ticari hacim denklem sistemlerinin her iki okalıptüs türünde de güvenle kullanılabileceği görülmüştür.

Bu çalışma ile geliştirilen gövde çapı ve ticari hacim denklem sistemlerinin her iki tür içinde kullanılır olup olmadığı araştırılmıştır. Diğer bir anlatımla gövde formları açısından Okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis arasında farklılık olup olmadığı doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda her iki okalıptüs türü içinde aynı denklem parametrelerinin kullanılamayacağı ortaya konmuştur. Yukarıda

da anlatıldığı gibi gövde formları itibariyle nispeten benzerlik göstermelerine rağmen, tam olarak da aynı olmadıkları form katsayılarından da görülmektedir. Bu farklılığın ortaya çıkmasının nedenlerinin biri olarak da her iki okalıptüs türünden model geliştirmek amacıyla alınan ağaçların ortalama boy ve çap değerleri açısından da bazı farklılıkları olması da gösterilebilir. Okalıptüs grandis'ten alınan örnek ağaçların nispeten daha uzun boylu ve daha kalın çaplı olduğu söylenebilir. Özkurt (2000) tarafından da belirtildiği gibi okalıptüs grandis'in okalıptüs camaldulensis'e göre daha dolgun ve düzgün bir gövde yapısına sahip olduğu belirtilmektedir. Gomat vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, yöresel özellikler ve çevresel şartların yanında ağaçların genetik özelliklerinin de ağaçların gövde formu üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Gomat vd., 2011).

Sonuç olarak aynı yörede (Tarsus-Mersin) ve aynı yetiştirme ortamı koşullarında kurulan okalıptüs grandis ve okalıptüs camaldulensis plantasyonları için ayrı parametre tahminlerinin yapılması gerektiği ortaya konmuştur. Ülkemizde aynı işletme müdürlüğü içerisinde farklı şeflikler hata birbirine yakın olan farklı işletme müdürlüklerindeki aynı ağaç türleri için tek bir hacim tablosunun kullanıldığı da zaman zaman gözlenmektedir. Bu durum bu çalışmanın sonuçlarına göre de hacim tahminlerinde önemli hatalara yol açmaktadır. Pillsbury vd. (1995) tarafından yapılan çalışmalarda bir hacim tablosunun yöresel farklılıkları dikkate alınmaksızın, farklı alanlarda uygulanması ile büyük ve kabul edilemez hataların meydana gelebileceğini belirtmiştir. Bu hata miktarının zaman zaman %40'a kadar çıkabildiği gözlenmiştir. Li vd. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda gövde çapı ve gövde hacim modellerinin tür temelli olduğu; gövde çapı ve gövde hacim tahminlerindeki model başarısının ağaç türüne göre farklılıklar gösterebileceğini belirtmektedir. Bu yüzden her ağaç türü için ayrı parametre tahminleri yapılmasının daha sağlıklı ve güvenilir olacağı ifade edilmiştir.

Bu nedenle şartlar izin verdiği ölçüde fazla sayıda örnek ağaç verisi kullanarak aynı yetiştirme ortamında olsa dahi, her ağaç türü için ayrı gövde çapı ve gövde hacim modelinin geliştirilmesine gayret edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 261, 145 s. İstanbul.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü, ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:20.
- Anonim, 2006. Forest Resources. The General Directorate of Forests, Ankara, 159 pp.
- Aykın, R. 1978. Ardıç Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacım Tablosu, Pressler Yöntemi ve Relaskopla Gövde Hacmi, Blume-Leiss ve Releskopla Ağaç Boyu Ölçmelerinin Sağlık Düzeyi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi. Sayı: 1, 65-140s. Ankara.
- Bailey, R.L., 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. Canadian Journal of Forest Science, 26, 170-173.
- Bailey, R. L., 1994. A Compatible Volume-Taper Model Based on The Schumacher and Hall Generalized Constant Form Factor Volume Equation. Forest Science, 40(2), 303-313.
- Bates, D.M., Watts, D.G., 1988. Nonlinear regression analysis and its applications. Wiley, New York.
- Berhe, L., Arnoldsson, G., 2009. Tree taper models for Cupresus lusitanica plantations in Ethiopia. Southern forests, 70(3), 193-203.
- Bi, H., 2000. Trigonometric Variable-From Taper Equations for Australian Eucalyptus. Forest Science, 46, 3, 397-407.
- Biging, G.S., 1988. Estimating the Accuracy of Volume Equations Using Taper Equations of Stem Profile. Canadian Journal of Forest Science, 41(1), 157-167.
- Biging, G.S., 1984. Taper equations for second-growth mixed conifers of northern California. Forest Science, 30, 1103-1117.
- Birler, A. S., 1983. "I. 214" Melez Kavağı Plantasyonlarında Hasılat Araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü. İzmit. Teknik Bülten No 19.
- Birler, A. S., Usta, H. Z., Yüksel, Y., 1984. Kara Kavaklar için Hacım Tablosu. Basılmamıştır.

- Birler, A.S., Koçar, S., Avcioğlu, E., Diner, A., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., 1995. Okaliptüs ağaçlandırmalarında hacim ve kuru madde hasılatı. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.
- Broad, R.L., Wake, G.C., 1995. Derivative Based Methods for Constructing Volume-Ratio and Taper Equations. *Forest Science*, 41(1), 157-167.
- Brooks, J.R., Jiang, L., Ozcelik, R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 256, 147-151.
- Bruce, D., Curtis, R.O., Vancdevering, C., 1968. Development of Taper and Volume Taples for Red Alper. *Forest Science*, 14, 339-350.
- 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., Parker, R.C., Miller, S.R., 1971. A Technique for Predicting Proportion of Tree Volume by Log Position. *Journal of Forestry* 69, 580-583.
- Cao, Q.V., Burkhart, H.E., Max, T.A., 1980. Evaluation of two methods for cubic volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *Forest Science*, 26, 71-80.
- Clark, III A., Souter, R.A. Schlaegel, B.E., 1991. Stem profile equations for southern tree species. United States Department of Agriculture Forest Service Research Paper, SE-282.
- Clutter, J.L., 1980. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. *Forest Science*, 26, 117-120.
- Coble, D. W., Wiant, H. V. Jr., 2000. Centroid Method: Comparison of Simple and Complex Proxy Tree Taper Functions. *Forest Science*, 46(4), 473-477.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A. R., Dieguez – Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. *Annals of Forest Science*, 66-808.
- Czaplewski, R. L., Brown, A. S., Guenther, D. G., 1989. Estimating Merchantable Tree Volume in Oregon and Washington Using Stem Profile Models. United States Department of Agriculture Forest Research Service Paper, RM-286,15p.
- Czaplewski, R. L., Brown, A. S., Walker, R. C., 1989. Profile Models for Estimating Log and Diameters in The Rocky Mountain Region. United States Department of Agriculture Forest Research Service Paper, RM-284,9p.

- Czaplewski, R. L., McClure, J. P., 1988. Conditioning A Segmented Stem Profile Model for Two Diameter Measurement. *Forest Science*, 34(2), 512-522.
- Demaerschalk, J.P., Kozak, A., 1977. The whole-bole system: a conditioned dualequation system for precise prediction of tree profiles. *Canadian Journal of Forest Research*, 7, 488-497.
- Dieguez – Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., Rojo, A., 2006. Compatible Taper Function for Scots Pine Plantations in Northwestern Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 1190-1205.
- Eerikainen, K., 2001. Stem Volume Models with Random Coefficients for *Pinus kesia* in Tanzania, Zambia and Zimbabwe. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 879-888.
- Evcimen, B.S., 1963. The Economical Value, Yield, and Management Basis of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Forests in Turkey. General Directorate of Forest Publications, Publication No 355,16, 199p. Ankara.
- Fang, Z., Bailey, R.L., 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. *Forest Science*, 45, 85-100.
- Fang, Z., Borders, B.E., Bailey, R.L., 2000. Compatible volume taper models for loblolly and slash pine based on system with segmented-stem form factors. *Forest Science*, 46, 1-12.
- Figueiredo-Filho, A.F., Schaff, L.B., 1999. Comparison between Predicted Volumes Estimated by Taper Equations and True Volumes Obtained by The Water Displacement Technique. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 451-461.
- Figueiredo-Filho, A., Borders, B.E., Hitch, K.L. 1996. Taper Equations for *Pinus Taeda* Plantations in Southern Brazil. *Forest Ecology Management*, 83,39-46.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1800,193, Kurtuluş Matbaası, 359s. İstanbul.
- Flewelling, J. W., 1993. Variable-shape stem-profile predictions for western hemlock. *Canadian Journal of Forest Research*, 23,537-544.
- Gray, H.R., 1956. The form and taper of forest-tree stems. Oxford University Imperial Forest Institute Paper, 32, 1-74.
- Green, E.J., Reed, D.D., 1985. Compatible Tree Volume and Taper Functions for Pitch Pine, *Northern Journal of Application Forestry*, 2, 14-16.

- Gülen, I., 1959. Black pine (*P. nigra*, Arnold.) volume table. Review of Faculty of Forestry, University of Istanbul, 9, 97-113.
- Gürses, M.K., 1990. Dünya’da ve Türkiye’de Okaliptüs. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi 50. Yılı Özel Sayısı.
- 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, Inform Rep. FMR-X-5, 21p. Ontario.
- Huang, S., Titus, S, Price, D., Morgan, D., 1999. Validation of Eco region-Based Taper Equations for White Spruce in Alberta, The Forestry Chronicle, 75(2), 281-292.
- Jiang, L., Brooks, J.R., Wang, J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. Forest Ecology and Management, 213, 399-409.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 3194,354, 407s. İstanbul.
- Kozak, A., 1988. A Variable-Exponent Taper Equation. Canadian Journal of Forest Research, 18,1363-1368.
- Kozak, A. 1997. Effects of Multicollinearity and Autocorrelation on the Variable-Exponent Taper Functions. Canadian Journal of Forest Research, 27,619-629.
- Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. Forestry Chronicle, 80, 507–515.
- Kozak, A., Kozak, R.A., 2003. Does cross validation provide additional information in the evaluation of regression models? Canadian Journal of Forest Research, 33, 976–987.
- Kozak, A., Munro, D.O., Smith, J.H.G., 1969. Taper Functions and Their Application in Forest Inventory. Forestry Chronicle, 45,278-283.
- Kozak, A., Smith, J.H.G., 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. Forestry Chronicle, 69, 438-444.
- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H., Von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. Forest Ecology and Management, 172, 69-77.
- Liu, C. J., 1980. Log Volume Estimating with Spline Approximation, Forest Science, 26(3), 361-369.

- Martin, A.J., 1981. Taper and volume equations for selected Appalachian hardwood species. United States Department of Agriculture Forest Research Service Paper, NE-490.
- Max, T.A., Burkhart, H.E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations. *Forest Science*, 22,283-289.
- Meydan-Aktürk, G., 2006. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) için Trigonometrik Gövde Çapı Denklemine Oluşturulması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 120s. Trabzon.
- 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.
- Newnham, R.M., 1992. A variable-form taper function four Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 210-223.
- Newnham, R.M., 1988. A Variable form Taper Function. Information Report PI-X-83. Forestry. 33p. Canada.
- Özkurt, A., 2000. Volume table for *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden. *Journal of DOA* 6,87-105.
- Parresol, B. R., Hotvedt, J. E., Cao, Q. V., 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. *Canadian Journal of Forest Research*, 17, 250-259.
- Perez, D.N., Burkhart, H.E., Stiff, C.T., 1990. A variable-Form Taper Function for *Pinus oocarpa* Schiede in Central Honduras. *Forest Science*, 36,186-191.
- Perez, D.H., De los Santos-Posadas, H.M., Perez, G.A., Lazalde, J.R.V., Volke-Haller, V.H., 2013. Taper and Comercial Volume System for *Pinus patula* Schltdl. Et. Cham. in Zacualtipan, Hidalgo State. *Revista Maxicana de Ciencias Forestales*, 4,34-45.
- Petersson, H., 1999. A Segmented Stem Profile Model for *Pinus sylvestris*. *Forest Ecology and Management*, 124, 13-26.
- Real, P.L., Moore, J.A., Newberry, J.D., 1989. Principal Components Analysis of Tree Stem Profiles. *Canadian Journal of Forest Research*, 19, 1538-1542.
- Reed, D.D., Byrne, J.C., 1985. A Simple, Variable Form Volume Estimation System. *The Forestry Chronicle*, 61, 87-90.
- Reed, D.D., Green, E. J., 1984. Compatible Stem Taper and Ratio Equations. *Forest Science*, 30(4), 977-990.

- Rustagi, K.P., Loveless, R.S. Jr., 1991. Compatible Variable-Form Volume and Stem-Profile Equations for Douglas-Fir. Canadian Journal of Forest Research, 21, 143-151.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I Silvikültürün Biyolojik ,Esasları ve Prensipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 2187, 222, 423s. İstanbul.
- Sakıcı, O.E., Mısır, N., Yavuz, H., 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. University of Georgia, Ph.D. Thesis, 69p, Athens, GA.
- Sharma, M., Oderwald, R.G., 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. Canadian Journal of Forest Research, 31, 797-803.
- Solomon, D. S., Droessler, T. D., Lemin, R. C. Jr., 1989. Segmented Quadratic Taper Equations for Spruce and Fir in The Northeast. Northern Journal of Applied Forestry, 6, 123-126.
- Sun, O., Eren, M. E., Orpak, M., 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Tarım ve Ormanlık Grubu, Proje No: TOAG-288, 119s.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R., 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. Canadian Journal of Forest Research, 21:1132-1137.
- Quinonez_Barraza, G., De los Santos-Posadas, H.M., Alvarez-Gonzalez, J.G., Velazquez-Martinez, A., 2014. Agrobiencia, 48,553-567.
- Williams, M.S., Reich, R.M., 1997. Exploring the Error Structure of Taper Equations. Forest Science, 43,378-386.
- Yavuz, H., Saraçoğlu, N., 1999. Compatible and non-compatible stem taper equations for Alder. Tr. J. of Agric. and For. 23: 1275-1282.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s. Trabzon.
- Yıldızbakan, A., Saraçoğlu, Ö., Özkurt, A., 2007. Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) baltalıklarında hacim ve kuru madde hasılat araştırmaları. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın NO: 343, DOA Yayın NO 45.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Fatih GÖÇERİ
Doğum Yeri ve Yılı : Mersin, 1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mehmetfatihgoceri@gmail.com

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cm x 3cm)

Eğitim Durumu

Lise : Mersin Dumlupınar Lisesi, 2007
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü