



**DOĞU KARADENİZ GÖKNARI - DOĞU LADİNİ KARIŞIK
MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM
DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Celal Yavuz ÇAKIR

**Yüksek Lisans Tezi
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN**

16.04.2018

Artvin

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

**DOĞU KARADENİZ GÖKNARI - DOĞU LADİNİ KARIŞIK
MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM
DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Celal Yavuz ÇAKIR

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN**

Artvin-2018

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Göknarı - Doğu Ladini Karışık Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/04/2018

Celal Yavuz ÇAKIR

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

DOĞU KARADENİZ GÖKNARI - DOĞU LADİNİ KARIŞIK
MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM
DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Celal Yavuz ÇAKIR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16/04/2018

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 08/05/2018

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman ŞAHİN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. İlker ERCANLI

ONAY:

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

.../.../...

Doç. Dr. Hilal TURGUT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini Karışık Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi”adlı çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Konu seçimimden çalışmamın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumu ile çalışmaların planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilme aşamalarında bilgi ve katkılarını esirgemeyen danışmanım sayın hocam. Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN teşekkürlerimi sunarım.

Karışık etkili modelleme ile ilgili destek ve katkılarından dolayı Doç. Dr. İlker ERCANLI ve Prof. Dr. Ramazan ÖZCELİK’e teşekkür ederim. Ayrıca Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman ŞAHİN’ e teşekkür ederim.

AÇÜ-BAP 2016.F10.01.02 No’ lu proje kapsamında hazırlanan tez çalışmamda aldığım destek için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince arazi çalışmalarımnda desteklerini gördüğüm Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü çalışanlarına ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

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

Celal Yavuz ÇAKIR

Artvin - 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	III
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini Hakkında Genel Bilgi.....	10
1.2.1. Doğu Karadeniz Göknarı Amenajman Esasları.....	13
1.2.2. Doğu Ladini Amenajman Esasları.....	15
2. MATERYAL VE YÖNTEM	17
2.1. Materyal.....	17
2.2. Metod.....	30
2.2.1. Gövde Çapı Denklemleri	30
2.2.2. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme ile Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi	34
2.2.3. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modellerin Kalibrasyon Yanıtlarının Belirlenmesi.....	37
2.2.3. Gövde Hacminin Belirlenmesi	39
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	43
3.1. Gövde Çapı Modellerine İlişkin Bulgular	44
3.2. Karışık Etkili Gövde Çapı Denklemine İlişkin Bulgular.....	46
3.3. Kalibrasyon Yanıtlarına İlişkin Bulgular.....	49
3.4. Gövde Çapı Tahminlerinin Değerlendirmesi.....	50
3.5. Gövde Hacmine İlişkin Bulgular	56
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	66

EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	89



ÖZET

Bu çalışmada Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğünde yayılış gösteren Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcerelerinde doğrusal olmayan karışık etkili modelleme yaklaşımıyla gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla 107 adedi Göknaar ve 106 adedi ise Ladin olmak üzere toplamda kesilen 213 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Her iki ağaç türü için de en başarılı olarak belirlenen Jiang et al gövde çapı denkleminin göknaar ve ladin ağaç türleri için sırasıyla, belirtme katsayıları (R_{adj}^2) değerleri %98.7 ve 98.3, Tahminin Standart Hata (SEE) değerleri 1.700 ve 1.814 cm, Ortalama Hata (\bar{E}) değerleri 0.143 ve 0.167 cm, Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{E}|$) değerleri ise 1.179 ve 1.269 cm olarak elde edilmiştir. AIC, BIC ve $-2LnL$ ölçüt değerleri dikkate alındığında, her iki ağaç türü için en uygun karışık etkili model yapısının Jiang et al modelinin b_3 ve b_4 parametrelerinin tesadüfi değişken olması durumunda ortaya çıktığı görülmüştür. İki parametresi tesadüfi olan bu karışık etkili model, homojen bir hata varyansı dağılımı göstermiş ve veriler arası otokorelasyon problemini hemen hemen gidermiştir. Ayrıca, test edilen 12 farklı kalibrasyon seçenekleri içinde en iyi tahmin sonuçları, Göknaar ağaç türü için ağaçların orta bölgesindeki beş adet ve Ladin ağaç türü için ise ağaçların en dip kısmındaki dört çapın ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneği ile elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında ayrıca her iki tür için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini için tek ve çift girişli gövde hacim denklemlerinin düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0.982-0.988 ve 0.981-0.992 olarak elde edilmiştir. Diğer taraftan, her iki ağaç türü için de geliştirilen hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bu denklemlerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı Ardanuç yöresindeki meşcerelere uygun olduğu belirlenmiştir.

AnahtarKelimeler: Uyumlu Gövde Profili Modelleri, Doğrusal olmayan karışık etkili modelleme, Kalibrasyon, Rastgele parametre, Ağaç Hacmi

SUMMARY

MODELING STEM PROFILE OF CAUCASIAN FIR AND ORIENTAL SPRUCE MIXED STANDS IN ARDANUÇ, TURKEY USING NONLINEAR MIXED-EFFECTS MODELS

The objective of this study is to develop segmented polynomial taper equations which enable detailed volume estimations using the nonlinear mixed-effects modeling approach for Caucasian fir - Oriental spruce mixed stands in Artvin-Ardanuç region of Turkey. For this purpose, the data obtained from 213 felled sample trees in total, which are 107 Caucasian fir and 106 Oriental spruce, were used. The Jiang et al.'s stem profile model produced the best prediction results for both tree species. The adjusted coefficient of determination (R_{adj}^2), Standard Error of Estimate (SEE), Bias (\bar{E}), and Mean Absolute Error ($|\bar{E}|$) values of the model were found as 98.7 % and 98.3%, 1.700 and 1.814 cm, 0.143 and 0.167 cm, 1.179 and 1.269 cm for Caucasian fir and Oriental spruce trees, respectively. Based on AIC, BIC and -2LnL criteria, the model including random-effects in two parameters (b_3 ve b_4) were the best for both tree species. This mixed-effects model with two random parameters showed homogeneous residual variance and autocorrelation was almost removed. In addition, among 12 different calibration choices, the best results were obtained with the choice involving the measurement of five diameters that divide the sample tree measurements into two equal parts for Caucasian fir and of four diameters that are the lowest the base of the sample tree for Oriental spruce. It is also proposed to construct both single and double entry tree volume equations for the both tree species. These selected models accounted for 98.2 and 98.8% – 98.1 and 99.2% of the total variance in single and double entry tree volume equations for Caucasian fir and Oriental spruce, respectively. Tree volume equations were tested with independent data set for both tree species within the border of Ardanuç Forest District Directorates, and concluded that these equations can be used for these stands at the 0.05 significant level.

Key Words: Segmented polynomial taper models, Nonlinear mixed-effects model, Calibration, Random parameters, Tree Volume

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Şeflik ve ağaç türü bazında örnek ağaç sayıları.....	17
Tablo 2. Doğu Karadeniz Göknarı için modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı	24
Tablo 3. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı	25
Tablo 4. Çalışma kapsamında kullanılan gövde çapı modelleri	32
Tablo 5. Çalışma kapsamında kullanılan tek girişli ağaç hacim denklemleri.....	41
Tablo 6. Çalışma kapsamında kullanılan çift girişli ağaç hacim denklemleri	41
Tablo 7. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesinde kullanılan verilerin istatistiki değerleri.	43
Tablo 8 Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için gövde çapı modellerinin çeşitli model başarı ölçütleri.....	45
Tablo 9 Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin parametre tahminleri.....	45
Tablo 10. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için farklı rastgele parametre seçenekleri için başarı ölçütleri	47
Tablo 11. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için seçilen karışık etkili modelin parametre ve varyans değerlerine ilişkin tahminler	48
Tablo 12. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için farklı kalibrasyon seçeneklerine ilişkin tahmin sonuçları	50
Tablo 13. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türlerinde sabit etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi.....	51
Tablo 14. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türlerinde karışık etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi.....	51
Tablo 15. Toplam gövde hacmi için Jiang ve ark. (2005) gövde hacmi modelinin çeşitli başarı ölçütleri	56
Tablo 16. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri	57

Tablo 17. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri	57
Tablo 18. Doğu Karadeniz Göknaarı için hacim tablolarının karşılaştırılması	60
Tablo 19. Doğu Ladini için hacim tablolarının karşılaştırılması	60



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Doğu Karadeniz Göknarının yayılış alanları	11
Şekil 2. Doğu Ladininin yayılış alanları	11
Şekil 3. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinin dağılımı.....	19
Şekil 4. Çalışma alanındaki Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinin yayılışı	19
Şekil 5. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm	20
Şekil 6. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm	21
Şekil 7. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm	21
Şekil 8. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinde kesilen ağaçlardan ve yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	22
Şekil 9. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm	22
Şekil 10. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinde kesilen ağaçlardan ve yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	23
Şekil 11. Doğu Karadeniz Göknarı için modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi	26
Şekil 12. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi.....	27
Şekil 13. Doğu Karadeniz Göknarı için modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı	28
Şekil 14. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı	29
Şekil 15. Doğu Karadeniz Göknarı (a) ve Doğu Ladini (b) için oransal boy sınıfları itibariyle sabit ve karışık etkili modelin SSE değerlerimi	52

Şekil 16. Doğu Karadeniz Göknarı ağaç türünde nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı	53
Şekil 17. Doğu Ladini ağaç türünde nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı	53
Şekil 18. Doğu Karadeniz Göknarı ağaç türünde sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için Lag-hata otokorelasyonu grafiği	54
Şekil 19. Doğu Ladini ağaç türünde sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için Lag-hata otokorelasyonu grafiği	54
Şekil 20. Doğu Karadeniz Göknarı (a) ve Doğu Ladini (b) için tesadüfi etkili parametrelere (b_3 ve b_4) sahip modeller kullanılarak üç ağaç için gövde şekli eğrileri.....	55
Şekil 21. Doğu Karadeniz Göknarı için hacim eğrilerinin karşılaştırması	61
Şekil 22. Doğu Ladini için hacim eğrilerinin karşılaştırması	62

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Orman Genel Müdürlüğünün 2015 yılındaki orman envanterine göre Türkiye'deki orman alanı yaklaşık 22.342.935 ha olup, ülkemizin genel toplam orman alanının yaklaşık % 28,6'sına karşılık gelmektedir (Anonim, 2015). Bu ormanlık alanlardaki toplam servet 2015 yılı itibariyle 1.611.774.193 m³ ve yıllık cari atım 45.904.083 m³'tür. Diğer taraftan, güncel amenajman planlarındaki değerlere göre yıllık ortalama hasılat miktarı (dikili kabuklu gövde hacmi-eta) toplam 18.314.621 m³ olarak tespit edilmiştir.

Orman Genel Müdürlüğünün 2015 yılındaki orman envanterine göre Türkiye'deki orman alanlarının yaklaşık % 38'i (8.394.788 ha) karışık orman niteliğindedir (Anonim, 2015). 2006 yılı orman envanter verilerine göre Türkiye toplam ağaç servetinin yaklaşık 707 milyon m³'nü (%55) karışık ormanlar oluşturmaktadır (Anonim, 2006). Dolayısı ile karışık ormanlar ve karışık meşcereler Türkiye ormancılığının önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp. *nordmanniana*) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.), yayılış alanları, artım ve büyüme özellikleri, yarattıkları ekonomik değer nedeniyle ülkemizin önemli asli orman ağacı türlerimizdendir. Orman Genel Müdürlüğünün 2015 yılındaki orman envanteri verilerine göre ülkemizin toplam ormanlık alanının 884781 ha'lık kısmında Göknaar, 322857 ha'lık kısmında ise Doğu Ladini yayılış göstermektedir (Anonim, 2015). Ülkemizde Göknaar ağacının dört türü doğal olarak yayılış göstermektedir. Bu çalışma kapsamında, bu dört Göknaar türünden Doğu Karadeniz Göknaarı'nın doğal yayılış gösterdiği alanlarda çalışılmıştır. 2015 yılı envanterine göre Doğu Karadeniz Göknaarı'nın yayılış gösterdiği alanların toplamı 174.669 ha olup, tüm Göknaar meşcerelerinin yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren Doğu Karadeniz Göknaarı türünün 44001,3 ha'lık kısmı (yaklaşık % 25.2) ve

Doğu Ladini türünün 75535,4 ha'lık kısmı (yaklaşık % 23.4) Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nde yer almaktadır.

Ülkemizde 57129 ha'lık ormanlık alan bu iki ağaç türünün karışım yaptığı karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Bu karışık ormanın 38610 ha'lık kısmını Doğu Karadeniz Göknarı - Doğu Ladini ve 18519 ha'lık kısmını ise Doğu Ladini - Doğu Karadeniz Göknarı karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Bu karışık meşcerelerin önemli bir kısmı Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nde yayılış göstermektedir. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nde 23264 ha Doğu Karadeniz Göknarı - Doğu Ladini ve 17114 ha Doğu Ladini - Doğu Karadeniz Göknarı karışık meşcereleri yer almaktadır (Anonim, 2015).

Ülkemiz yüzölçününün yaklaşık % 28.6'sını kaplayan bu ormanlık alanlardaki meşcere hacminin ortaya konulması büyük bir önem taşımaktadır. Daha pratik ve daha kolay olması sebebiyle, meşcere hacminin belirlenmesinde genellikle ağaç hacim denklemleri veya tabloları yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Ağaç Hacim Tabloları, Tek Girişli (göğüs çapı), Çift Girişli (göğüs çapı ve boy) ve Çok Girişli (göğüs çapı ve boya ek olarak tepe uzunluğu, tepe yüksekliği, şekil katsayısı, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı veya gövdenin belirli bir yükseklikteki çap) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim tabloları ayrıca, geçerli oldukları alanın-meşcerenin büyüklüğüne göre de Genel Ağaç Hacim Tabloları, Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları ve Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Tabloları olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Yöresel hacim tabloları için 50-100, bölgesel hacim tabloları için 100-500 ve genel hacim tabloları için 1000-5000 adet örnek ağacın seçilmesi yeterli görülmektedir (Fırat, 1973; Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984).

Ülkemizdeki ilk hacim tablosu, yöresel olarak Bolu'daki Sarıçam meşcereleri için Erkin (1956) tarafından düzenlenmiştir. Ülkemizde Genel Ağaç Hacim Tabloları kapladığı alan büyüklüğüne göre sırasıyla; Kızılcım (Alemdağ, 1962; Sun ve ark.,1978), Karaçam (Gülen, 1959; Sun ve ark., 1978), Doğu Kayını (Kalıpsız, 1962; Sun ve ark., 1978; Carus 1998), Göknar (Sun ve ark., 1978), Sarıçam (Alemdağ, 1967; Sun ve ark., 1978), Ardıç (Aykın, 1978), Batı Karadeniz Göknarı (Saraçoğlu, 1986), Sedir (Evcimen, 1963; Sun ve ark., 1978), Doğu Ladini (Akalp, 1978; Sun ve ark., 1978), Kestane (Kapucu ve ark., 2002), Melez Kavağı (Birler ve

ark, 1983), Kara Kavak (Birler ve ark., 1983), Titrek Kavak (Bayburtlu, 2007), Dişbudak (Şentürk, 1997; Mısır ve Mısır, 2004) ve Okalıptus (Özkurt, 2000) türleri için düzenlenmiştir. Bölgesel hacim tabloları: Meşe için Eraslan (1954) Trakya Bölgesi'nde, Doğu Karadeniz Göknarı için Miraboğlu (1955) Kuzey Anadolu Bölgesi'nde, Kızılçam için Alemdağ (1962) Güney Anadolu Bölgesi ve Kahriman ve ark. (2016 ve 2017) Orta Akdeniz Bölgesi (Antalya ve Mersin Orman Bölge Müdürlükleri)'nde, Karaçam için Sun ve ark. (1978) Batı-Güney Anadolu Bölgesi'nde; Doğu Karadeniz Göknarı için Saraçoğlu (1986) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Kızılağaç için Saraçoğlu (1998) Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Okalıptus için Birler ve ark. (1995) Adana-Mersin Bölgesi'nde, Toros Göknarı için Bozkuş ve Carus (1997) Akdeniz Bölgesinde, Sedir için Bozkuş ve Carus (1997) tarafından Akdeniz Bölgesi'nde, Kestane için Özcan (1997) Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Kızılçam için Çatal (2009) tarafından Batı Akdeniz Bölgesi'nde, Sarıçam için Yavuz ve ark. (2010) ve Pehlivan (2010) Kuzey Anadolu Bölgesi'nde düzenlenmiştir. Yöresel ağaç hacim tabloları ise, Sarıçam için Erkin (1956) tarafından Bolu'da, Okalıptus için Fırat ve Kalıpsız (1963) Tarsus yöresinde, Kızılçam için Özer ve Uğurlu (1977) tarafından Antalya-Korkuteli'nde, Kazdağı Göknarı için Asan (1984) Çanakkale-Balıkesir yöresinde, Karaçam için Yavuz (1995a) tarafından Taşköprü'de, Yalancı Akasya için Çatal ve ark. (2005) tarafından Isparta-Gölcük'de, Doğu Çınarı için Uludağ (2006) tarafından Kastamonu-Çatalzeytin yöresinde, Sahilçamı için Ercanlı ve ark. (2008) tarafından Sinop yöresinde, Kızılçam ağaçlandırmaları için Carus ve Su (2014) tarafından Antalya-Korkutelinde, Karaçam için Baynazoğlu (2014) tarafından Mudurnu-Sırçalı'da, Kızılçam için Şahin (2015) tarafından Mersin yöresinde, Kızılçam için Kumaş (2015) tarafından Antalya yöresinde, Karaçam ağaçlandırmaları için Carus ve ark. (2016) tarafından Isparta- Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanında, Sedir için Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından Antalya yöresinde, Karaçam için Sakıcı ve ark. (2018) tarafından Kastamonu yöresinde düzenlenmiştir.

Ağaç hacim denklemleri, ağaçlardan elde edilebilecek sanayi odunu, tomruk, maden direği gibi odun çeşitlerinin oranları veya miktarları konusunda herhangi bir tahmin ortaya koyamamaktadırlar. Bu bakımdan, ağaç gövdelerinden elde edilecek odun çeşitlerine ilişkin tahminler yapabilecek ve ayrıntılı hacim tahminlerine olanak

sağlayabilecek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik ve Alkan, 2011).

Yavuz (1995b)'ye göre "Gövde çapı ve hacim denklemleri (Stem taper and volume equations) ile tek ağaçların toprak seviyesinden ağaç gövdesi üzerindeki herhangi bir yükseklik ya da çapa kadar olan kısmına veya ağaç gövdesi üzerinde belirlenen herhangi iki yükseklik ya da çap değerleri arasında kalan bölüme ilişkin hacim tahminleri yapılabilmektedir" (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik, 2008). Kozak (2004)'e göre "Özellikle gövde çapı ve gövde hacim modelleri ile elde edilebilecek bu tahminler ile; (i) herhangi bir yükseklikteki gövde çapı, (ii) herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğu, (iii) toplam gövde hacmi, (iv) ticari (satılabilir) gövde hacmi, (v) bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacmi, (vi) gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi, (vii) gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi elde edilebilmektedir" (Rajo ve ark., 2005; Özçelik ve Alkan, 2011; Özçelik ve ark., 2012).

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

1960'lı yılların sonlarına doğru gövdenin ticari (satılabilir) bölümlerine ilişkin hacim değerlerini veren hacim oran denklemleri ile istatistiksel anlamda ilk gövde profili modelleri geliştirilmeye başlanmıştır (Hojer, 1967; Burkhart, 1977; Cao ve ark., 1980; Clutter, 1980; Newnham, 1992). Bu modeller en basit gövde profili modelleri olup Basit-Tek Gövde Profili Modeli (Simple Taper Model) olarak adlandırılmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından pek çok Basit-Tek Gövde Profili Modeli geliştirilmiştir (Munro, 1966; Bruce ve ark., 1968; Kozak ve ark., 1969; Bennet ve Swindel, 1972; Cervera, 1973; Demaerschalk, 1972, 1973; Ormerod, 1973; Goulding ve Murray, 1976; Bennet ve ark., 1978; Coffre, 1982; Biging, 1984; Reed ve Green, 1984; Newberry ve Burkhart, 1986; Real ve Moore, 1986; Forslund, 1990; Thomas ve Parresol, 1991; Allen, 1993; Jiménez ve ark., 1994; Fang ve

Bailey, 1999; Sharma ve Oderwald, 2001; Benbrahim ve Gavaland, 2003). Bu modeller, göğüs çapı (D) ve ağaç boyunun (H) fonksiyonu olarak yerden belirli bir yükseklikteki (hi) gövde çaplarını (di) belirlemeye yarayan modeller biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri vermektedirler (Bruce ve ark., 1968; Kozak ve ark., 1969; Bennet ve Swindel, 1972).

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

Parçalı Gövde Profili Modellerinden sonra Değişken-Şekil Gövde Çapı Modelleri (Variable Exponent Stem Profile Equation) kullanılarak gövde çapları ve gövde tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu modeller göğüs çapı ve ağaç boyu ile gövde eğrisinin değişim gösterdiği oransal boy değeri ve bunlardan türetilen pek çok bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak oluşturulmuştur. Bu gövde profili modellerinde, ağaç gövdesi dipten uca doğru nayloid, paraboloid ve konik bir formda olduğu varsayılmaktadır (Kozak, 1988; Newnham, 1988; Perez ve ark., 1990). Bununla birlikte, bu modellerin gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olması gibi bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır (Özçelik ve Alkan, 2011; Özçelik ve ark. 2012; Atalay, 2014). Birçok araştırmacı tarafından Değişken-Şekil Gövde Çapı Modeli geliştirilmiştir (Kozak, 1988, Perez ve ark., 1990; Newnham, 1992; Riemer, 1995; Muhairwe, 1999; Zakrzewski, 1999; Bi, 2000; Lee ve ark., 2003; Kozak, 2004).

Ülkemizde farklı araştırmacılar tarafından çeşitli gövde çapı modelleri geliştirilmiştir: Yavuz (1995b) tarafından Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam için kabuklu ve kabuksuz olarak gövde hacmi, hacim oran ve uyumlu gövde çapı denklemleri, Yavuz ve Saraçoğlu (1999) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesindeki Kızılağaç için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri, Sakıcı (2002) tarafından Kastamonu yöresi Uludağ Göknarı meşcerelerinde gövde profili hacim ve hacim oranı denklem sistemleri, Meydan-Aktürk (2006) tarafından Artvin Orman İşletme Müdürlüğündeki Doğu Ladini ağaç türü için trigonometrik gövde profil denklemini kullanarak gövde profil denklemleri, Brooks ve ark. (2008) tarafından Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılağaç, Lübnan Sediri ve Toros Göknarı için Max ve Burkhart tarafından geliştirilmiş Segmented Polinomial gövde çapı denklemleri ile uyumlu gövde hacmi ve gövde çapı denklemleri, Sakıcı ve ark. (2008) tarafından Kastamonu yöresi Uludağ Göknarı meşcerelerinde Basit Polinomial, Parçalı Polinomial ve Değişken-Form Gövde Profili Modelleri, Özçelik (2010) tarafından Erzincan Yöresinde yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri için Jiang (2004)'ın denklemi ile uyumlu gövde çapı ve hacim modeli, Özçelik ve Alkan (2011) tarafından Tarsus-Karabucak Ökalyptus ağaçlandırmaları için Max ve Burkhart (1976) ile Thomas ve Parresol (1991)'un denklemlerini kullanarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri, Özçelik ve ark. (2011) tarafından Bucak Orman işletme Müdürlüğündeki Kızılağaç, Toros Sediri ve Göknar ağaç türleri için Max ve Burkhart (1976) segmented polinomial denklemi ile gövde çapı ve hacim modelleri, Özçelik ve Brooks (2012) tarafından Isparta Orman Bölge Müdürlüğündeki Kızılağaç, Toros Sediri, Toros Göknarı, Karaçam türleri ve Erzurum Orman Bölge Müdürlüğündeki Sarıçam için Clark ve ark. (1991) ve Max ve Burkhart (1976)'ın denklemlerini kullanarak uyumlu gövde hacim modelleri, Özçelik ve ark. (2012) tarafından Bucak-Uğurlu İşletme Şefliğindeki Kızılağaç için Max ve Burkhart (1976) ve Parresol ve ark. (1987) denklemleri ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri, Bal (2012) tarafından Konya-Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam meşcereleri için Jiang ve ark. (2005) parçalı gövde çapı ve hacim modeli, Şahin (2012) tarafından Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğünde Karaçam meşcereleri için Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Clark ve ark. (1991)'ın gövde çapı denklemleri ile gövde çapı ve gövde hacmi modelleri, Ercanlı ve Kahrıman (2013) tarafından Trabzon ve Giresun ilindeki Doğu Ladini ve Sarıçam karışık meşcereleri için Parçalı

Polinomiyal Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemi, Özçelik ve Bal (2013) tarafından Konya - Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü karaçam meşcereleri için Clark ve ark. (1991) ve Jiang ve ark. (2005) parçalı gövde çapı ve gövde hacim modelleri kullanılarak gövde çapı ve gövde hacim modelleri, Atalay (2014) tarafından Sırçalı Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Karaçam ağaçları için Max ve Burkhardt (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Jiang ve ark. (2005) denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri, Ercanlı ve ark. (2014) tarafından Adana-Feke Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) sahaları için gövde çapı ve hacim denklemleri, Kurt (2014) tarafından Mersin-Tarsus-Buladan ve Cehennemdere Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Anadolu Karaçamı ağaçları için Max ve Burkhardt (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Jiang ve ark. (2005) modelleri ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri, Karaer (2015) ve Özçelik ve Karaer (2016), Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü'nün Yukarı Gökdere ve Merkez Orman İşletme Şefliklerindeki kızılçam ve karaçam ağaçları için Lee ve ark. (2003), Sharma ve Zhang (2004) ve Kozak (2004)'ın gövde çapı denklemleri ile gövde çapı modelleri, Kaya (2015) tarafından Zonguldak'taki Dorukan ve Akcasu Orman İşletme Şefliklerindeki doğal sarıçam ve karaçam karışık meşcereleri için gövde çapı ve hacim denklemleri, Göçeri (2015) ve Özçelik ve Göçeri (2015), Mersin ilindeki Karabucak Orman İşletme Şefliği Okaliptüs grandis ve Okaliptüs camaldulensis plantasyonları için ticari hacim denklemleri, Yaşar (2015) ve Özçelik ve Yaşar (2015) tarafından Sinop Orman Bölge Müdürlüğündeki Kepez Orman İşletme Şefliğindeki doğal Uludağ Göknarı meşcereleri için Max ve Burkhardt (1976) modeli kullanarak uyumlu gövde çapı ve hacim modeli geliştirilmiştir.

Gövde çapı modellerinin oluşturulmasında veri kaynağı olarak, tek ağaç üzerinde farklı yüksekliklerden elde edilen çap verileri kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak da, ardışık bu çap değerleri birbiri ile ilişkilidir (Özçelik ve Yaşar, 2015). Her bir ağacın kendine özel bir gövde gelişiminin olduğu bu gibi hiyerarşik veri yapılarında; “seri-korelasyon” ya da “otokorelasyon” problemi olarak adlandırılan verilerin birbirine bağımlılığı söz konusu olabilmektedir (Leites ve Robinson, 2004). Searle ve ark. (1992) ve İyit ve ark. (2006)'e göre “Örnek veriler arasındaki bu gibi seri-korelasyonlar, gövde çapı ve gövde hacim denklemlerine ilişkin parametre tahminlerinde güven aralıklarının sistematik bir hata ile tahmin edilmesine ve böylece model sonuçlarının güvenilirliğinin olumsuz yönde etkilenmesine neden

olabilmektedir” (Kurt, 2014). Bu nedenle, verilerin bağımsızlığı varsayımının sağlanamadığı ve veriler arasında seri korelasyon probleminin olduğu hiyerarşik veri yapılarında; varyans-kovaryans matris yapısının modellenmesine olanak sağlayan Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Nonlinear Mixed Effect Models) yaklaşımının kullanılması önerilmektedir (Laird ve Ware, 1982; Keselman ve ark., 1998; Wolfinger ve Chang 1999; Littell ve ark., 2005).

Farklı araştırmacılar tarafından Doğrusal Olmayan Karışık-Etkili Modelleme tekniği kullanılarak çeşitli gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Tasissa ve Burkhart (1998) tarafından Amerika'nın Virgiena eyaletindeki Loblolly pine ağaç türü için; Garber ve Maguire (2003) tarafından Amerika'nın Oregon eyaletindeki 3 önemli ağaç türü için; Leites ve Robinson (2004) tarafından Uruguay'daki Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) meşcereleri için; Kurt (2014) tarafından Mersin-Tarsus-Buladan ve Cehennemdere Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Anadolu Karaçamı ağaçları için; Trincado ve Burkhart (2006) tarafından Amerika'nın Virgiena eyaletindeki Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) meşcereleri için; Cruz-Cobos ve ark. (2008) tarafından Meksika-En Durango yöresindeki *Pinus cooperi* ağaç türü için; Sharma ve Parton (2009) tarafından Kanada'nın Boreal Orman Kuşağı içerisindeki Kuzey Ontaria'da yayılış gösteren Jack pine ve Black spruce ağaçlandırmaları için; Lejeune ve ark. (2009) tarafından Kanada'nın Boreal Orman Kuşağı içerisindeki Quebec eyaletinde yayılış gösteren Black spruce ağaç türü için; Yang ve ark. (2009a); tarafından Kanada'nın Alberta eyaletindeki White spruce ağaç türü için; Yang ve ark. (2009b) tarafından Kanada'nın Alberta bölgesindeki Lodgepole pine ağaç türü için; Westfall ve Scott (2010) tarafından kuzeydoğu Amerika'daki 19 ağaç türü grubu için; Li ve Weiskittel (2010) tarafından Kuzey Amerika'daki Acadian bölgesindeki önemli ibreli ağaç türleri için; Li ve ark. (2011) tarafından Kuzey Amerika'nın Acadian Bölgesi'ndeki 11 ibreli ağaç türü için; Özçelik ve ark. (2011) tarafından Bucak Orman işletme Müdürlüğündeki Kızılcım, Toros Sediri ve Gökmar ağaç türleri için; Cao ve Wang (2011) tarafından Amerika'daki Louisiana eyaletinde yer alan Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) ağaçlandırma alanları için; Subedi ve Sharma (2011) tarafından Kanada'ki boreal orman kuşağındaki Jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) ağaç türü için; Fonweban ve ark. (2011) tarafından Kuzey İskoçya'daki Scots pine ve Sitka spruce ağaç türleri için; Bueno-López ve Bevilacqua (2012) tarafından Dominik Cumhuriyeti'nin La Siererra yöresindeki *Pinus occidentalis* ağaç türü için; Fonweban

ve ark. (2012) tarafından İskoçya ve Kuzey İngiltere'deki Scots pine ve Sitka spruce ağaç türleri için; Kublin ve ark. (2013) tarafından Almanya'daki Norway spruce (*Picea abies* (L.) meşcereleri için; Fortin ve ark. (2013) tarafından Kanada'ki White spruce ağaç türü için; Gómez-García ve ark. (2013) tarafından Kuzeybatı İspanya'daki huş meşcereleri için; Ercanlı ve ark. (2014) tarafından Adana-Feke Kızılcım meşcereleri için; Özçelik ve Yaşar (2015) tarafından Sinop ilindeki Kepez Orman İşletme Şefliğindeki doğal Uludağ Göknarı meşcereleri için; Arias-Rodil ve ark. (2015a) tarafından kuzeybatı İspanya'daki Maritime pine ağaç türü için; Guanyi ve ark. (2015) tarafından Çin'in Fujian yöresindeki *Cunninghamia lanceolata* ağaçlandırma alanları için; Arias-Rodil ve ark. (2015b) tarafından İspanya'daki *Pinus radiata* ağaç türü için; Yaşar (2015) tarafından Sinop-Kepez Orman İşletme Şefliğindeki Uludağ Göknarı meşcereleri için; Schröder ve ark. (2015) tarafından Brezilya-Güney Parana'daki *Pinus elliottii* (Engelm.) ağaç türü için; Chiu ve ark. (2015) tarafından Tayvan'daki Taiwan incense cedar (*Calocedrus formosana*) meşcereleri için; Gómez-García ve ark. (2016) tarafından Türkiye'deki sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaç türü için; Şenyurt ve ark. (2017) tarafından Çankırı yöresi karaçam (*Pinus nigra*) meşceleri için; Zheng ve ark. (2017) tarafından Kuzey Çin'deki Blume ormanlarındaki *Quercus variabilis* meşcereleri için; Dirican (2017) tarafından Bucak yöresi doğal sedir ve Toros göknarı karışık meşcereleri için; Zhao ve Kane (2017) tarafından Güney Amerika'daki *Loblolly pine* ağaç türü için; Yiğit (2018) tarafından doğal Toros göknarı için karışık-etkili modelleme tekniği kullanılarak gövde çapı denklemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğünde önemli bir yayılış alanına sahip olan Doğu Karadeniz Göknarı - Doğu Ladini karışık meşcereleri için ayrıntılı hacim tahminlerine olanak sağlayan gövde çapı ve gövde hacim modellerinin Karışık Etkili Modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca her iki ağaç türü için tüm gövde hacmini veren tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin de geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

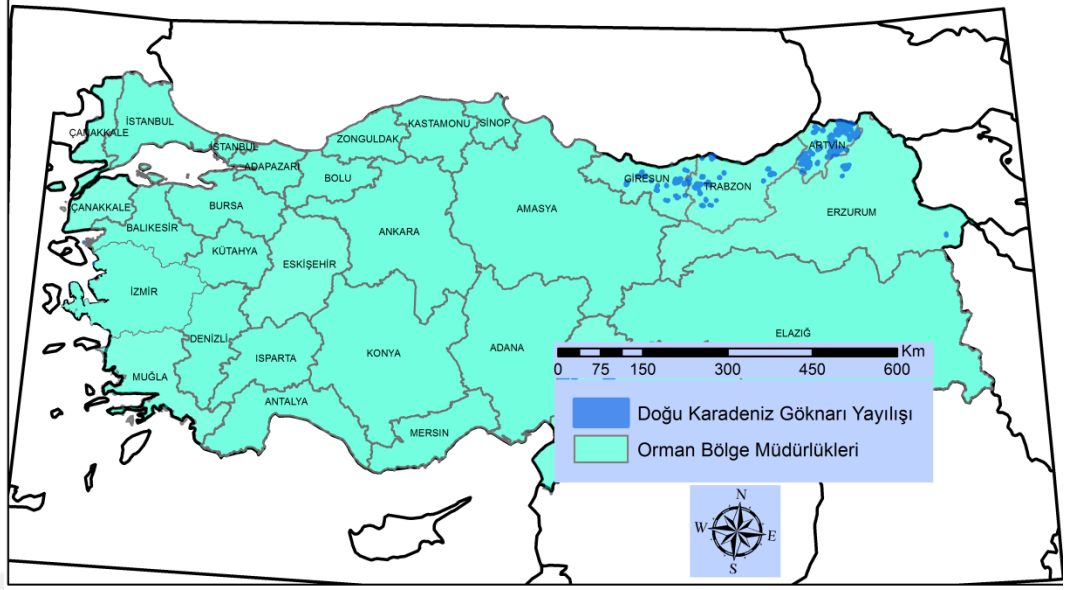
1.2. Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini Hakkında Genel Bilgi

Doğu Karadeniz Göknaarının genel coğrafi yayılış alanı, Kafkasya ile Kuzey Anadolu'nun dağlık kesimleridir. Asıl geniş yayılış bölgesi, Kafkasya'dadır. Ülkemizde Yeşilirmak vadisi ile Gürcistan'a kadar uzanan Doğu Karadeniz Bölgesi dağlarında saf ya da karışık olarak yayılış göstermektedir (Saatçioğlu, 1976; Anşin ve Özkan, 2006). Genel olarak 800-2300 metreleri arasında dağlık bölgeye serpilmiş durumda dikey bir yayılış gösterir. Dikey yayılışının 800-1600 m yükseklikleri arasında Doğu Kayını ve Sariçam ile karışık meşcereler oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz dağlarının denize bakan ana yamaçlarında ise Doğu Ladini ile karışık meşcereler oluşturur. Doğu Karadeniz Göknaarı yağış rejimi düzgün, yağış miktarı bol, serin deniz iklimli bu bölgede 1500-2200 m yükseklikleri arasında oldukça yüksek hacme sahip meşcereler oluşturur (Atay, 1982). Doğu Karadeniz Göknaarının ülkemizdeki yayılış alanı Şekil 1'de verilmiştir.

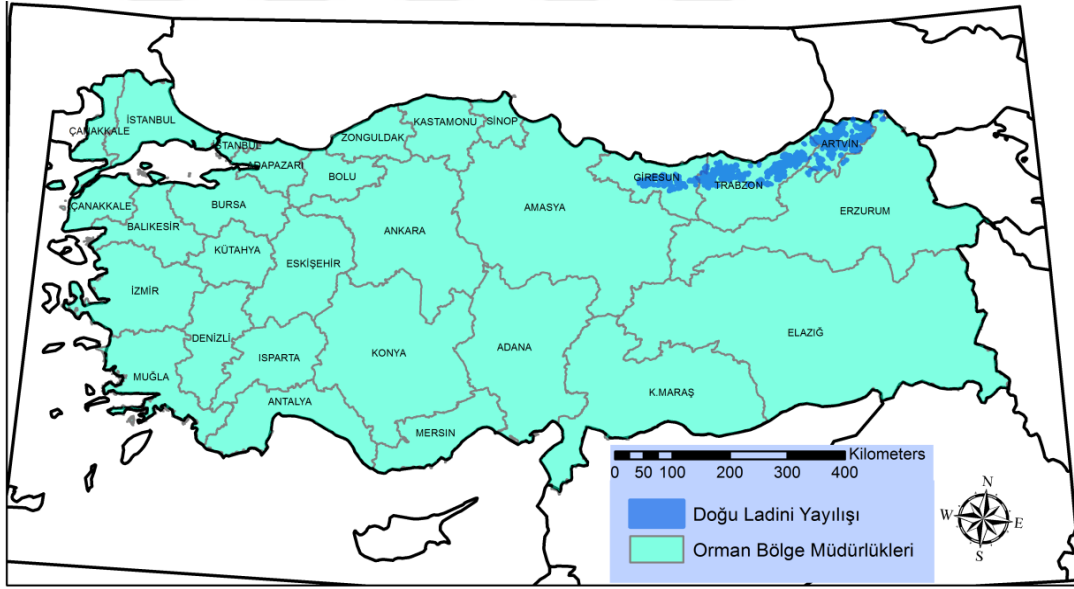
Doğu Ladini (*Picea orientalis* Link. At Carr) Kuzey Anadolu'nun sahil kısımları ile Kafkasya'da yayılış göstermektedir. Ülkemizde doğuda Gürcistan sınırından batıda Ordu ili yakınlarındaki Melet ırmağı arasında, Kuzeydoğu Anadolu (Colchis) dağlarının denize bakan yamaçlarında görülür. Ülkemizde 322857 ha'lık alanda bazen saf, çoğu kez de Sariçam, Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Kayını ile karışık meşcereler kurar. Çoğunlukla 900-1500 metreleri arasında karışık, 1500-2200 m (bazen de 2400 m) aralarında ise saf meşcereler oluşturur (Anşin ve Özkan, 2006). Doğu Ladini ağaç türünün yayılış alanı Şekil 2'de verilmiştir.

Doğu Karadeniz Göknaarı, Ordu ili yakınlarındaki Melet ırmağı ile Türk-Gürcistan sınırı arasındaki Doğu Karadeniz Dağlarının denize bakan ana yamaçlarında Doğu Ladini ile karışık meşcereler oluşturmaktadır. Ülkemizde Göknaar-Ladin karışık meşcereleri çoğu zaman ladin ağırlıklı karışık meşcereler oluşturmaktadırlar (Ata, 1995).

Doğu Karadeniz Göknaarı 40-50 m boylarında, uzun, düzgün gövdeli, sivri tepeli birinci sınıf orman ağacıdır. Doğu Ladini ise 40-50 m boylarında (bazen de 60 m boylara ulaşan), 1.5-2 m çapa ulaşabilen, düzgün ve dolgun gövdeli, sivri tepeli önemli orman ağacı türlerimizdendir (Anşin ve Özkan, 2006).



Şekil 1. Doğu Karadeniz Gökarnarının yayılış alanları



Şekil 2. Doğu Ladininin yayılış alanları

Gökarnar düzgün ve dolgun gövdeler meydana getirir. Sürgünler dik büyüme yapar, tepe belirli bir yaşa kadar yayvanlaşmaz, sivriliğini muhafaza eder. Doğu Ladini optimumunda sık büyür, düz ve dolgun gövdeler oluşturur. Dar ve sivri tepeler yapar (Saatçioğlu, 1976).

Doğu Karadeniz Gökarnarı ve Doğu Ladini silvikültürel özellikleri bakımından benzerlik gösteren türlerdir. Her ikisi de gölgeye dayanıklı türlerdir (Ata, 1995).

Ancak Gökmar gölgeye daha çok dayanmaktadır. İlk 25-30 yıl içinde kuvvetli gölgelenmeye dayanır, bu yeteneği 80, hatta 100 yaşına kadar devam eder. Gökmarların en önemli silvikültürel özelliklerinden biri de, oldukça ileri yaşlarda gölge baskısı kalktıktan sonra yavaş yavaş normal gelişmeye geçebilmesidir (Saatçioğlu, 1976). Diğer taraftan, Doğu Ladini yarı gölge ağacıdır. Ancak iyi yetişme ortamlarında oldukça fazla gölgeye dayanabilir ve yeterli düzeyde doğal gençlik oluşturabilir. İlerleyen yaşlarda daha serbest bir büyüme alanı isteği gösterir. 15-18 yıl 0.4-0.6 kapalılığa dayanabilir (Ata, 1995).

Doğu Karadeniz Gökmarı ve Doğu Ladini ilk dönemlerde çok yavaş büyür. Gökmarlar gençlikte yaklaşık olarak 10-12 yaşına kadar yavaş büyür, fakat daha sonraki dönemlerde büyüme giderek hızlanır ve bu durum uzun zaman devam eder. Doğu Ladini gençlikteki gelişmesi bakımından Doğu Karadeniz Gökmarı ile büyük benzerlik göstermektedir. Doğal yayılış alanlarında, 0.4-0.5 meşcere kapalılığı olmasına karşın, gençlikte açık alanlarda 8-10 yıl içinde ancak 50-60 cm boy yapabilmektedir (Atay, 1982).

Doğu Karadeniz Gökmarı ve Doğu Ladini gençlikleri yakıcı - kurutucu sıcaklıklara ve donlara karşı dayanıklıdır. Gökmar ağaç türü bazı ilkbahar donlarından etkilenebilir. Doğu Ladini gençlikleri donlara karşı genel olarak dayanıklı kabul edilmekle beraber, yüksek rakımlarda ve açık alanlarda dondan zarar gördüğü tespit edilmiştir (Ata, 1995). Sipere dayanıklı olan Gökmarlar ise sadece geç ve erken donlara karşı değil, kuvvetli kış donlarına karşı da duyarlıdırlar (Saatçioğlu ve Atay, 1960).

Gökmarların ısı isteği Çam ve Doğu Ladinine göre nazaran daha fazladır; çok soğuk kışlar ve çok sıcak yazlardan hoşlanmazlar, belirli bir nem istekleri vardır. Yine de nem isteği bakımından Doğu Ladinine nazaran biraz kanaatkârdır. Diğer taraftan Doğu Ladininin ısı isteği fazla değildir. İyi gelişmesi için yüksek derecede nem ister, bundan dolayı sis ve yağmurca zengin mevkilerde özellikle iyi gelişim gösterir (Saatçioğlu, 1976).

Gökmarlar genelde toprak derinliği isterler. Ancak toprağı sığ olan yerlerde de granit, gnays ana taşları üzerinde hatta ana kayanın mermer olduğu topraklarda da olağanüstü gelişme yapan Gökmar'lara rastlanır. Doğu Ladini humuslu topraklardan

hoşlanır. Sığ topraklarda da yetişebilir. Ancak iyi yetişme ortamlarında gelişmesini daha iyi yapmaktadır (Saatçioğlu, 1976).

Göknar ağaç türü kazık kök sistemine sahip olmakla bebaber yan köklerin bir kısmı sığ kök şeklinde yayılma yeteneğindedir. Doğu Ladininde genel köklenme çoğunlukla sığdır ancak, nadir hallerde derinleşebilir (Saatçioğlu, 1976).

Silvikültürel özellikleri birbirine çok benzeyen Göknar ve Ladinin karışık meşcereleri saf Doğu Karadeniz Göknarı ya da saf Doğu Ladini meşceresi gibi varsayılarak gençleştirme yöntemi ona göre seçilebilir (Ata, 1995).

Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini temel silvikültürel özelliklerinden biri olan gençlikteki yavaş büyüme olayı, bu türlerin gençleştirilmesinde karşılaşılan en önemli sorun olarak görülmektedir (Ata, 1995).

Göknar özellikle mobilya, lambri, pervaz, kutu, kafes ambalajı, sandık, kaplama levhası üretiminde ve infaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Göknarlar hafif, yumuşak, işlenmesi kolay, yayılma kabiliyeti iyi, kağıt odunu olarak çok makbul bir oduna sahiptir (Atay, 1982). Dekoratif bir tür olan Göknar, park ve bahçelerde süs bitkisi olarak yetiştirilmekte ve Noel ağacı olarak en çok aranan ağaç türlerindedir (Atay, 1982). Doğu Ladini ise odunu dışında, selüloz ve kâğıt yapı malzemesi, mobilya, kaplama, kontrplak, lambri, sandık, her türlü ambalaj, sepet, kutu, kibrit çöpü ve kurflun kalem yapımında kullanılır. Ayrıca, cilalı görünümlü ve yoğun koyu renkli bir yapraklanma sistemi olduğundan park ve bahçelerde değerlendirilmektedir (Anşin ve Özkan, 2006).

1.2.1. Doğu Karadeniz Göknarı Amenajman Esasları

Ülkemizde göknar ile ilgili olarak yapılan hasılat çalışması Miraboğlu (1955) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Göknarı-Uludağ Göknarı-Toros Göknarı için ayrı ayrı ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Normal hasılat tablosu Kazdağı Göknarı için Asan (1984) tarafından, sıklığa bağlı hasılat tablosu ise Batı Karadeniz Göknarı için Saraçoğlu (1986) tarafından düzenlenmiştir. Göknar meşcereleri için düzenlenen ağaç hacim tablolarına bakıldığında; Miraboğlu (1955) tarafından Doğu Karadeniz Göknarı-Uludağ Göknarı-Toros Göknarı için, Sun ve ark.

(1978) tarafından tüm göknar türleri için, Asan (1984) tarafından Balıkesir-Çanakkale yöresindeki Kazdağı Göknarı için, Saraçoğlu (1988) tarafından Batı Karadeniz Göknarı için, Brooks ve ark. (2008) tarafından Mut Orman İşletme Müdürlüğündeki Toros Göknarı için, Bozkuş ve Carus (1997) tarafından Akdeniz Bölgesindeki Toros Göknarı için düzenlendiği görülmektedir. Tüm Göknar türleri için ürün çeşidi tabloları Sun ve ark. (1978) tarafından ve Kazdağı Göknarı için ise Asan (1984) tarafından düzenlenmiştir. Kazdağı Göknarı ağaç türü için Polimorfik yöntem kullanılarak bonitet endeks tabloları Asan (1984) tarafından oluşturulmuştur. Biyokütle tablosu Karabürk (2011) tarafından Kazdağı Göknarı için düzenlenmiştir. Ayrıca, Yızdızbakan ve Saraçoğlu (2004) tarafından Akdeniz yöresi Toros Göknarı meşcerelerinin bazı artım ve büyüme ilişkileri ortaya konulmuştur.

Doğu Karadeniz Göknarı gölge ağacı olduğundan, genellikle değişik yaşlı meşcere kuruluşları (seçme) oluştururlar. Kazdağı Göknarının genel ortalama artımlarının maksimum olduğu yaşlar bonitetler göre sırasıyla 40, 47, 53, 60 ve 65 yıldır. I.B sınıfında 40 yaşında ulaştığı $11.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ genel ortalama hacim artımı ile uluslararası standartlara göre hızlı büyüyen ağaç türleri arasına girdiği söylenebilir (Asan, 1984). Ülkemizde OGM tarafından Göknar meşcerelerinde uygulanan idare sürelerini 1941 yılı yönetmeliğinde 120, 1955 yılı yönetmeliğinde 120-150, 1973 yılından sonraki amenajman planlarında 80, 1978 tarihli OGM olurlarına göre 100 yıl olarak belirlenmiştir (Asan, 1998).

Ayrıca, günümüze kadar ülkemizde Göknar ağaç tütürün karışık meşcerelerinin silvikültürel durumları ve büyüme ilişkilerini ortaya koyan çalışmalar, Kapucu (1978) tarafından Doğu Ladini-Sarıçam-Doğu Karadeniz Göknarı-Kayın karışık meşcereleri, Çalışkan (1989) tarafından Karabük Büyükdüz Araştırma Ormanı Sarıçam-Uludağ Göknarı-Kayın karışık meşcereleri, Tosun (1992) tarafından Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam-Kayın-Uludağ Göknarı karışık meşcereleri, Durkaya (2004) tarafından Zonguldak yöresindeki Sarıçam-Göknar-Kayın karışık meşcereleri için yapılmıştır.

1.2.2. Doğu Ladini Amenajman Esasları

Ülkemizde Doğu Ladini ile ilgili olarak yapılan hasılat çalışması Akalp (1978a) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada eşit yaşlı, saf ve müdahale görmemiş Doğu Ladini meşcereleri için normal hasılat tablosu düzenlenmiştir. Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Ormanında Köse ve ark. (2001) tarafından ve Artvin Merkez Orman İşletme Şefliğinde ise Ercanlı (2003) tarafından yöresel sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir. Değişik yaşlı Doğu Ladini meşcereleri için ise Akalp (1983) ve Yavuz (1992) tarafından büyüme ilişkileri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Doğu Ladini için hem tek ağaç ürün çeşidi hacim oranları ve hem de bu türlere ait tomruk, direk, sanayi odunu ve yakacak odunun tek ağaç ve hektardaki ürün çeşidi hacim oranları Sun ve ark. (1978) tarafından saptanmıştır. Doğu Ladini ağaç türü için Anamorfik yöntem kullanılarak bonitet endeks tabloları Akalp (1978a) tarafından oluşturulmuştur. Bununla birlikte Ercanlı (2010) tarafından, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri'ndeki Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinde cebirsel fark yaklaşımına dayanan polimorfik yöntem (GADA) yardımıyla bonitet endeksi çalışması yapılmıştır. Doğu Ladini için genel ağaç hacim tablosu Akalp (1978a) ve Sun ve ark. (1978) tarafından yapılmıştır. Mısır ve ark. (2010) Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Eğitim ve Araştırma işletme Şefliği Doğu Ladini meşcereleri ve Sönmez ve ark. (2010) Artvin Yöresindeki aynı yaşlı ve saf Doğu Ladini meşcereleri için biyokütle ve karbon depolama kapasitesi belirlemiştirlerdir.

Yarı gölge ağacı olan Doğu Ladini meşcerelerindeki ağaç sayıları ışık ağacı meşcerelerine göre daha yavaş bir azalma göstermektedir. Genel gençleştirme süresi 20 yıldır. Doğu Ladininin genel ortalama artımlarının maksimum olduğu yaşlar bonitetler göre sırasıyla 70, 75, 75, 80, 80 yıldır (Akalp, 1978a ve 1978b). Ülkemizde doğal yolla yetismiş aynı yaşlı Doğu Ladini meşcereleri için, idare süreleri iyi bonitette 100 yıl, orta bonitete 120 yıl ve fena bonitete ise 140 yıl olması önerilmiştir (Akalp, 1978). Ülkemizde OGM tarafından Doğu Ladini meşcerelerinde uygulanan idare sürelerini 1941 yılı yönetmeliğinde 150, 1955 yılı yönetmeliğinde 120-150, 1973 yılından sonraki amenajman planlarında 120, 1977 tarihli OGM oluruna göre 100, 1978 tarihli OGM oluruna göre 100 yıl olarak belirlenmiştir (Anonim, 1998; Asan, 1998). Günümüzde tüm Doğu Ladini meşcereleri için geçerli bir idare süresi yerine, her işletme müdürlüğü ormanların diğer hizmetlerini ve piyasanın isteklerini

dikkate alacak şekilde kendi şartlarına bağı olarak idare sürelerini belirlemektedir (Anonim 2008). Ekolojik tabanlı çok amaçlı planlamada ise odun üretimi yanında toprak koruma, su koruma, yaban hayatı koruma, rekreasyon ve karbon depolama gibi diğer fonksiyonları da gerçekleştirecek şekilde idare süreleri belirlenmekte ve genellikle odun üretimi için belirlenen idare süresinden daha uzun yaklaşık 180-300 yıllık bir idare süresi önerilmektedir (Güzenge, 2005).

Ayrıca, günümüze kadar ülkemizde Doğu Ladini ağaç tütürün karışık meşçerelerinin silvikültürel durumları ve büyüme ilişkilerini ortaya koyan çalışmalar, Alemdağ (1961), Kapucu (1978), Demirci (1991), Ercanlı (2010) ve Yavuz ve ark. (2010) tarafından yapılmıştır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak “Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini Karışık Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi” adlı ve “AÇÜ-BAP:2016.F10.01.02” nolu Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü’ndeki Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcerelerinde 107 adedi Göknaar ve 106 adedi ise ladin olmak üzere toplamda kesilen 213 adet örnek ağaçta ölçülen gövde çapı verileri kullanılmıştır. Örnek alanların Orman İşletme Şeflikleri ve ağaç türü bazında dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Şeflik ve ağaç türü bazında örnek ağaç sayıları

Orman İşletme Şefliği	Doğu Karadeniz Göknaarı	Doğu Ladini	Toplam
Ardanuç	11	15	26
Karanlıkmeşe	41	29	70
Ovacık	16	16	32
Tepedüzü	39	46	85
Toplam	107	106	213

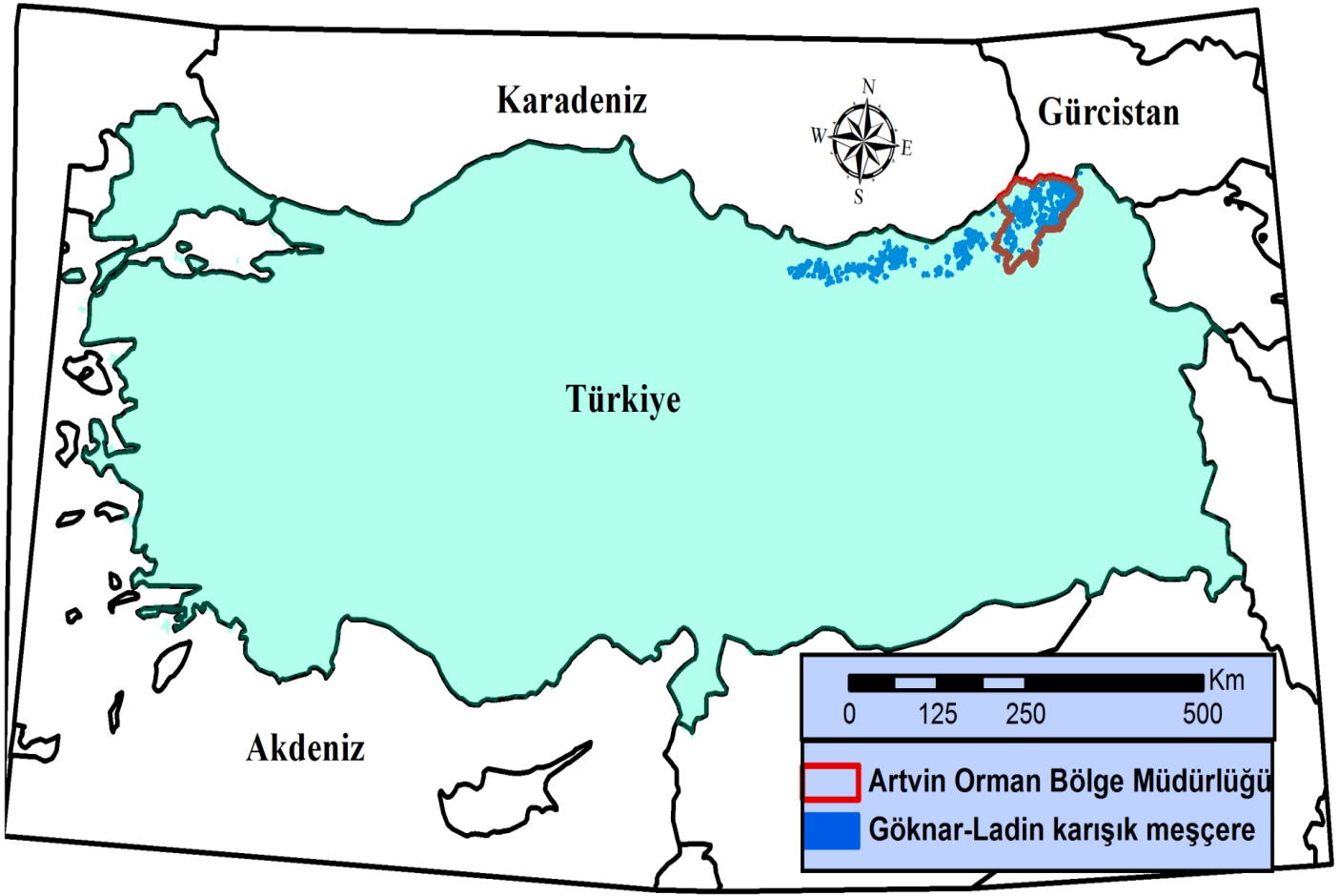
Artvin Orman Bölge Müdürlüğü’nün yüzölçümü olan 710973 ha alanın yaklaşık % 56.8’i (403695 ha) ormanlık alan ve % 43.2’si (307278 ha) ormansız alanlardan oluşmaktadır. Artvin, % 56.8 ormanlık alanı oranı ile ülkemizde en çok ormanlık alana sahip 8’inci il vafındadır. Artvin ilindeki ormanlık alanın da yaklaşık % 54.9’u (221532 ha) verimli kuru ormanı ve yaklaşık % 45.1’ini (182163 ha) bozuk kuru ormanı kaplamaktadır. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü’ndeki bu ormanlık alanın 75535.4 ha’lık kısmını saf Doğu Ladini ve 44001.3 ha’lık kısmını ise saf Doğu Karadeniz Göknaarı meşcereleri oluşturmaktadır. Diğer taraftan Artvin ilinde 40378 ha’lık Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcereleri bulunmaktadır (Anonim, 2015).

Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü 76817.0 ha’lık alan sahip olup bu alanın 38103.7 ha’lık kısmını (% 49.6) ormanlık alan ve 38713.3 ha’lık kısmını (% 50.4) ise

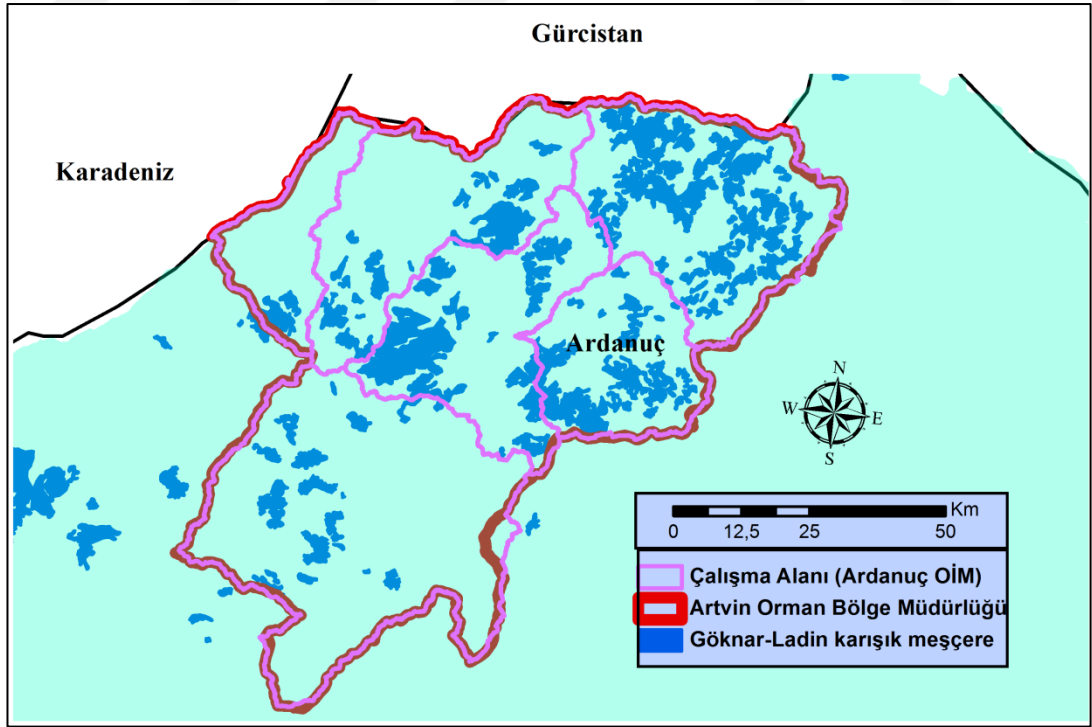
ormansız alan oluşturmaktadır. Ormanlık alanın da 18803.7 ha'lık kısmı (% 49.3) verimli orman ve 19300 ha'lık kısmı (% 50.7) ise bozuk ormanlık alandan oluşmaktadır. Çalışma alanı olan Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'nde 18554 ha Doğu Karadeniz Göknaarı ve 7550 ha Doğu Ladini meşcereleri mevcutken, bu alanın 6536 ha'lık kısmını Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'nde 2996 ha Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini ve 3540 ha Doğu Ladini-Doğu Karadeniz Göknaarı karışık meşcereleri yer almaktadır (Anonim, 2015). Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinin ülkemizdeki ve çalışma alanındaki yayılışı Şekil 3 ve 4'de verilmiştir.

Çalışmaya konu olan Doğu Karadeniz Göknaarı - Doğu Ladini karışık meşcerelerin yer aldığı Artvin-Ardanuç yöresinde (40°54'54" - 41°15'31" N, 41°53'47" - 42°22'52" E) hava sıcaklığı aylık ortalama 2.8-21.0°C (yıllık ortalama 12.3°C) arasında değişmekte, en düşük sıcaklık ise +9.5°C ile -16.1°C arasında seyretmekte, en yüksek sıcaklık ise 43°C'ye ulaşmaktadır. Ortalama yıllık toplam yağış 700 mm iken, yıllık ortalama bağıl nem % 60-70 arasında değişmektedir (Anonim, 2016). Ardanuç'ta yazları sıcak ve kurak, kışları ise normal karasal iklime nazaran kısmen ılık ve daha az yağışlı bir iklim mevcuttur. Akdeniz iklimi ile karasal iklimin bir karışımının burada hakim olması, bu yörenin önemli bir özelliğidir.

Bu tez kapsamında alınan örnek ağaç sayısı arazide gözlemlenen gövde çapı, boyu ve hacim değişkenliğini temsil edebilecek şekilde belirlenmiştir. Bu bağlamda 107 adedi Doğu Karadeniz Göknaarı ve 106 adedi ise Doğu Ladini olmak üzere toplamda 213 adet örnek ağaçta ölçümler yapılmıştır. Tez kapsamında alınan söz konusu bu örnek ağaçlar, silvikültürel işlemlerin yapıldığı alanlar ve üretim sahalarının içerisinde kesilen ağaçlardan elde edilmiştir. Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'nün üretim sahalarında silvikültürel amaçlarla kesilen farklı özelliklere sahip ağaçlardan, tez amaçları doğrultusunda yukarıda ifade edilmiş olan örnek ağaç özelliklerini taşıyan ağaçlar, örnek ağaç olarak belirlenmiş ve gerekli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Özellikle örnek ağaçların seçiminde; değişik çap ve boy kademelerine de mümkün olduğunca eşit ve dengeli bir biçimde dağıtılmasına ve hacim değişkenliğini iyi bir şekilde yansıtmaya özen gösterilmiştir.



Şekil 3. Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşçerelerinin dağılımı



Şekil 4. Çalışma alanındaki Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşçerelerinin yayılışı

Bu çalışmadaki örnek ağaçlar kütük yüksekliğinden (0.3 m) kesilerek, dip kütük (0,30) ve göğüs yüksekliği çapı (1,30) ve daha sonra sırasıyla 1'er metre ara ile düzenli bir Şekilde olacak Şekilde 2.3, 3.3, 4.3, ... metrelerdeki çaplar ölçülmüştür. Ayrıca ağaçların boyları da elik Őerit metre ile m olarak ölçülmüştür. Gövde üzerinde daire biçimli olmayan kısımların çapları, gövde kesitine dik iki yönde olacak Şekilde ölçülmüş ve bu iki ölçümün ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

rnek ağaçların alındığı meşcerelere ve ağaç üzerinde yapılan ölçümlere ilişkin genel görünümler Şekil 5-10'da verilmiştir.



Şekil 5. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm



Şekil 6. Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm



Şekil 7. Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşceresinden genel bir görünüm



Şekil 8. Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşçeresinde kesilen ağaçlardan ve yapılan ölçümlerden genel bir görünüm



Şekil 9. Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşçeresinden genel bir görünüm



Şekil 10. Doğu Karadeniz Gökarnı-Doğu Ladini karışık meşceresinde kesilen ağaçlardan ve yapılan ölçümlerden genel bir görünüm

Bu çalışma kapsamında kesilen 213 adet örnek ağaç gövdesi üzerinde toplam 4450 adet çap ölçümü yapılmıştır. Doğu Karadeniz Gökarnı ağaç türünde toplam 2281 adet çap ölçümü (1830 adedi model için geriye kalan 451 adedi ise model denetimi için) ve Doğu Ladini ağaç türünde toplam 2169 adet çap (1703 adedi model için geriye kalan 466 adedi ise model denetimi için) ölçülmüştür.

Tablo 2. Doğu Karadeniz Göknaarı için modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı

Çaplar (cm)	Boylar (m)																Σ	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36		40
8	1	1 (1)																2 (1)
12		3	1 (1)	1														5 (1)
16			1	2 (1)	3	2												8 (1)
20				1	2 (1)	3 (1)	2 (1)											8 (2)
24					1	3 (1)	1 (1)	2										7 (2)
28						1	2	2 (1)	1 (1)	1	1							8 (2)
32							2	2 (1)	1 (1)	2	1							7 (2)
36						1		1 (1)	1 (1)	3								5 (2)
40							1		3	2 (1)	1 (1)							7 (2)
44										1	1 (1)		2					4 (1)
48									1		1 (1)		1	2	2 (1)			7 (2)
52										1	3	1 (1)				1		6 (1)
56										1	1	1 (1)	1		1			4 (1)
60												1	1			1		3
64												1 (1)	1		1		1	3 (1)
68																	1	1
Σ	1	4 (1)	2 (1)	4 (1)	6 (1)	10 (2)	8 (2)	7 (3)	5 (3)	11 (1)	9 (3)	2 (3)	6	2	4 (1)	2	2	85 (22)

*parantez içindeki değerler, modellerin denetiminde kullanılan verilerdir

Çalışmada kullanılan veriler ikiye ayrılmıştır: (i) gövde hacim modellerinin parametrelerinin tahmininde kullanılan veriler (I. grup verileri: toplam verinin yaklaşık % 80'i (göknaar için 85 ve ladin için 84 ağaç)) ve (ii) bu modellerin meşçereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler (II. grup verileri: toplam verinin yaklaşık % 20'si (göknaar ve ladin için 22'şer ağaç)). Tablo 2'de Doğu Karadeniz Göknaarı için ve Tablo 3'de Doğu Ladini için olmak üzere model ve

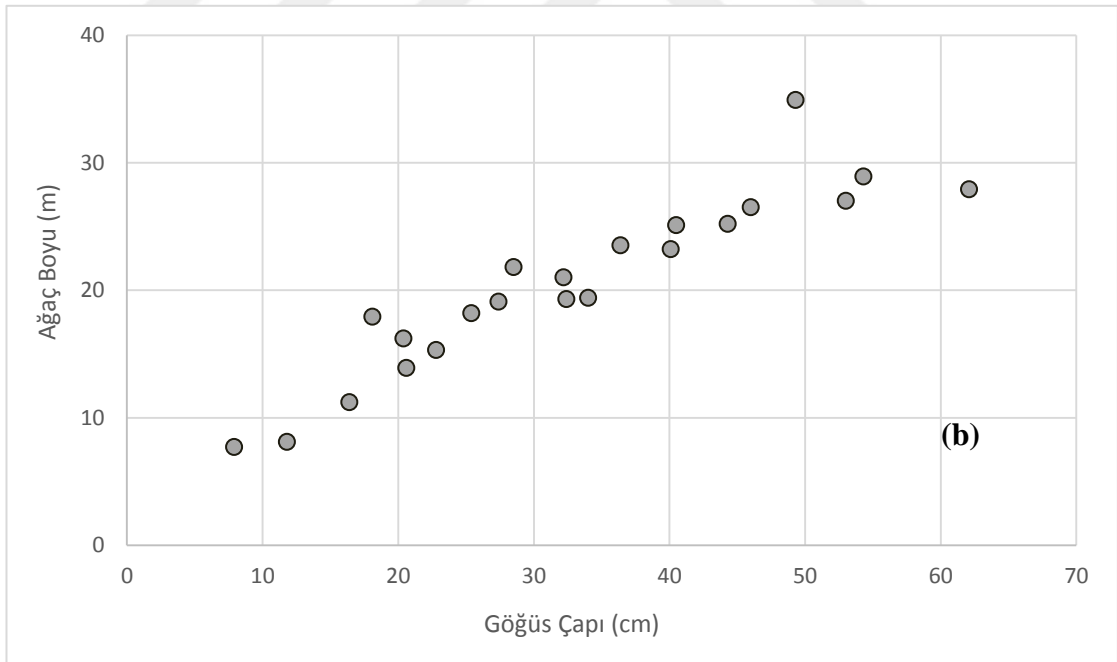
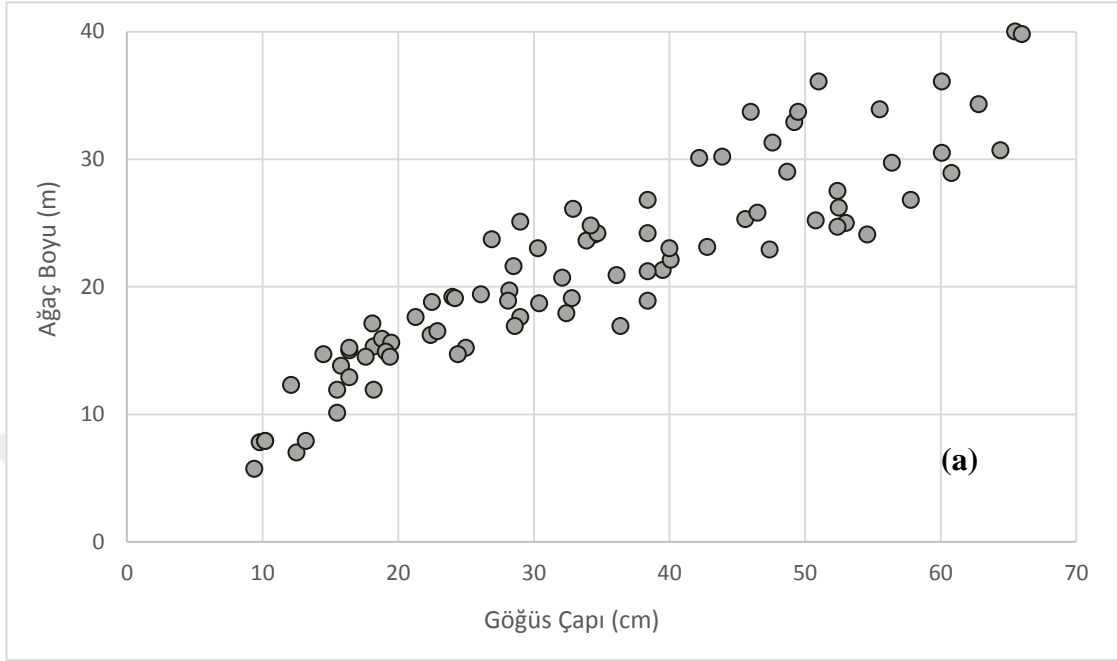
kontrol verilerinin, 4'er cm'lik çap ve 2'şer m'lik boy basamaklarına dağılımı verilmiştir.

Tablo 3. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı

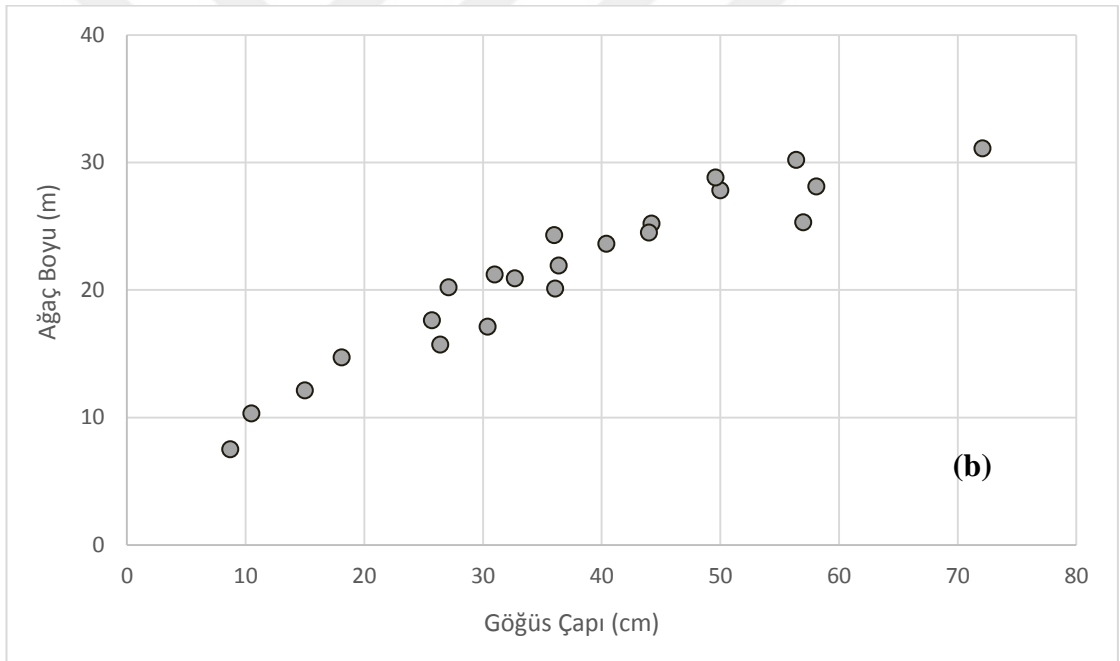
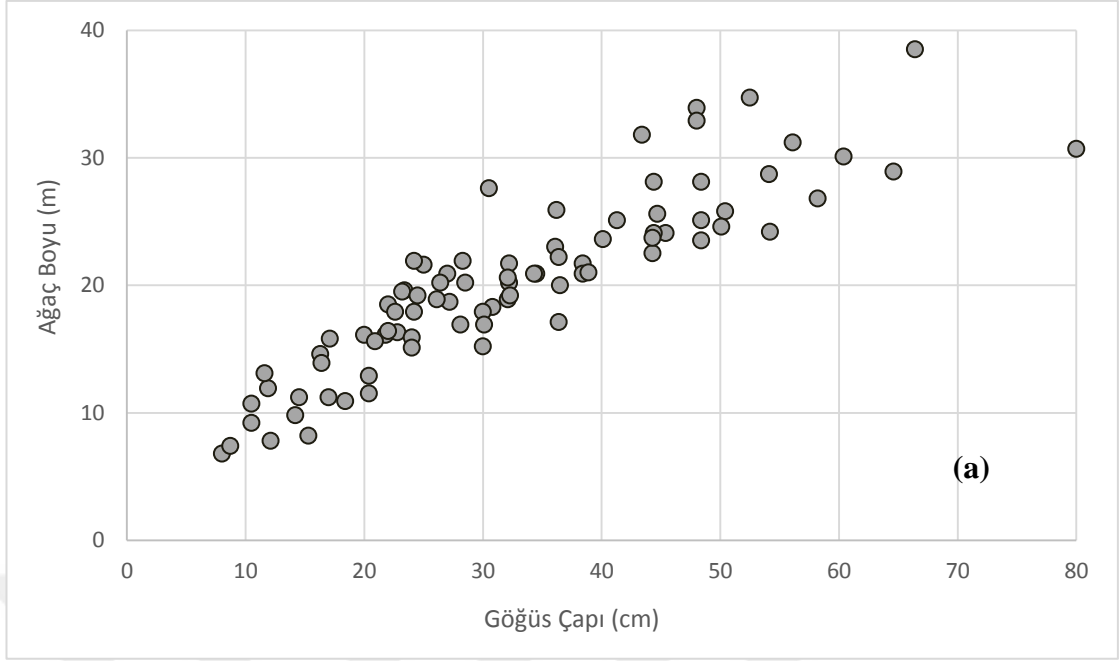
Çaplar (cm)	Boylar (m)															Σ	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34		38
8	1	1 (1)															2 (1)
12		1	2 (1)	1	1												5 (1)
16		1	1	2 (1)	2	1											7 (1)
20			1	2	(1)	3											6 (1)
24						4	3 (1)	3	2								12 (1)
28						1 (1)	2	3 (1)	1								7 (2)
32						2	3 (1)	3 (1)	1 (1)			1					10 (3)
36							1	3 (1)	1 (1)	1 (1)	1						7 (3)
40								1	2	1 (1)	1						5 (1)
44									1	3 (1)	1 (1)	1		1			7 (2)
48										1	1	1 (1)		1	1		5 (1)
52										1	1	(1)			1		3 (1)
56										1	(1)	1	(1)	1			3 (1)
60											1	(1)	1				2 (1)
64												1					1
68																1	1
72														(1)			0 (1)
80													1				1
Σ	1	3 (1)	4 (1)	5 (1)	3 (1)	11 (1)	9 (2)	13 (3)	8 (2)	8 (3)	6 (2)	5 (3)	2 (1)	3 (1)	2	1	84 (22)

Şekil 11'de Doğu Karadeniz Göknarı ve Şekil 12'de ise Doğu Ladini için, gövde çapı denklemlerinin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin göğüs çapı-boy ilişkisi verilmiştir. Ayrıca Şekil 13 ve 14'de ise her iki ağaç türünde hem

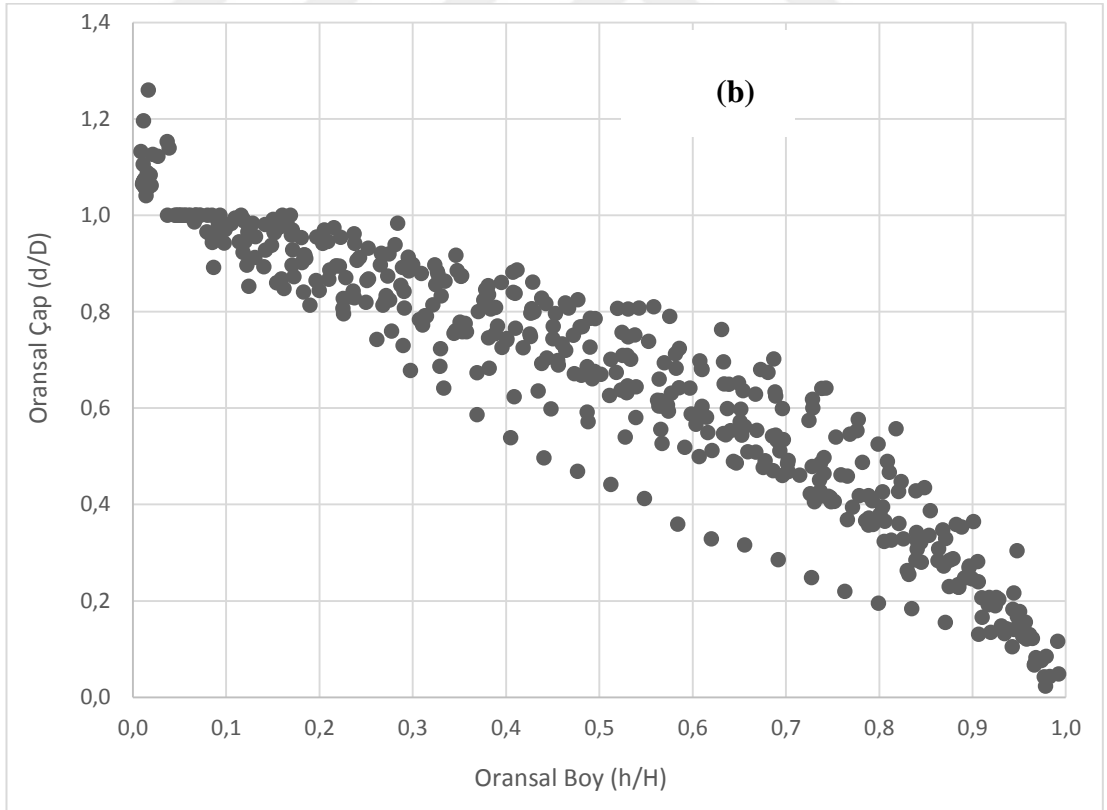
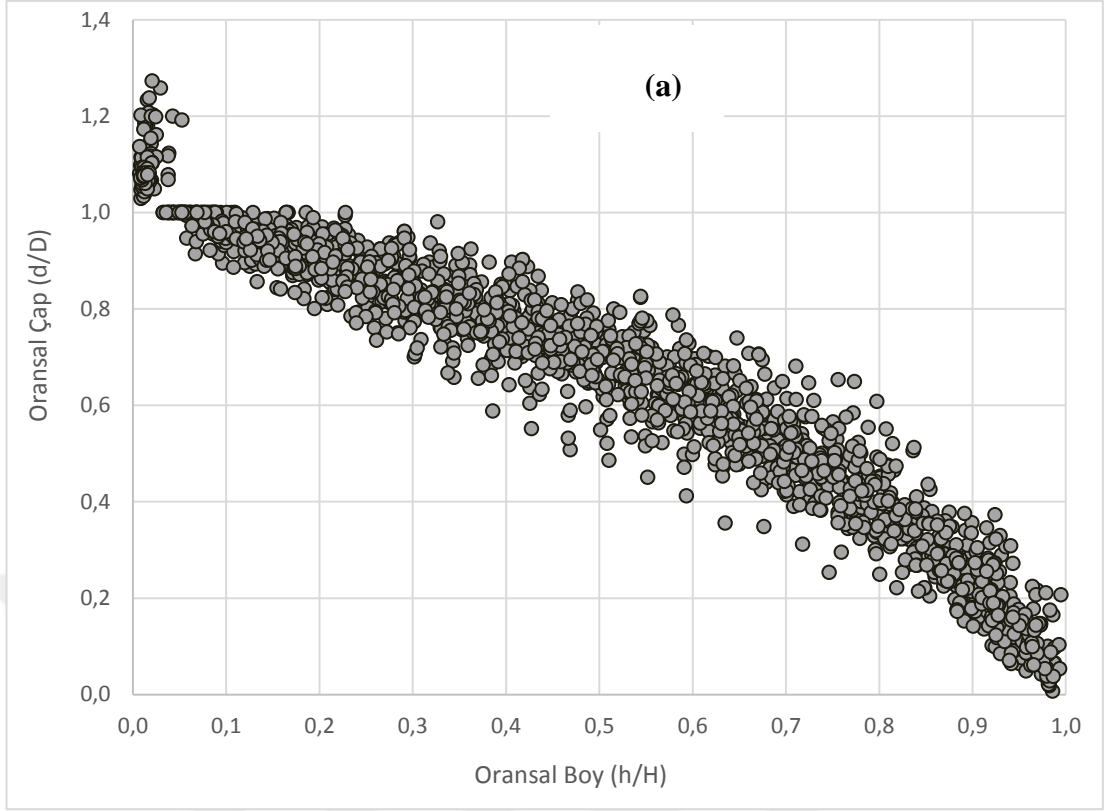
model verileri ve hem de kontrol verileri için oransal çapların oransal boy değerlerine göre dağılımı verilmiştir.



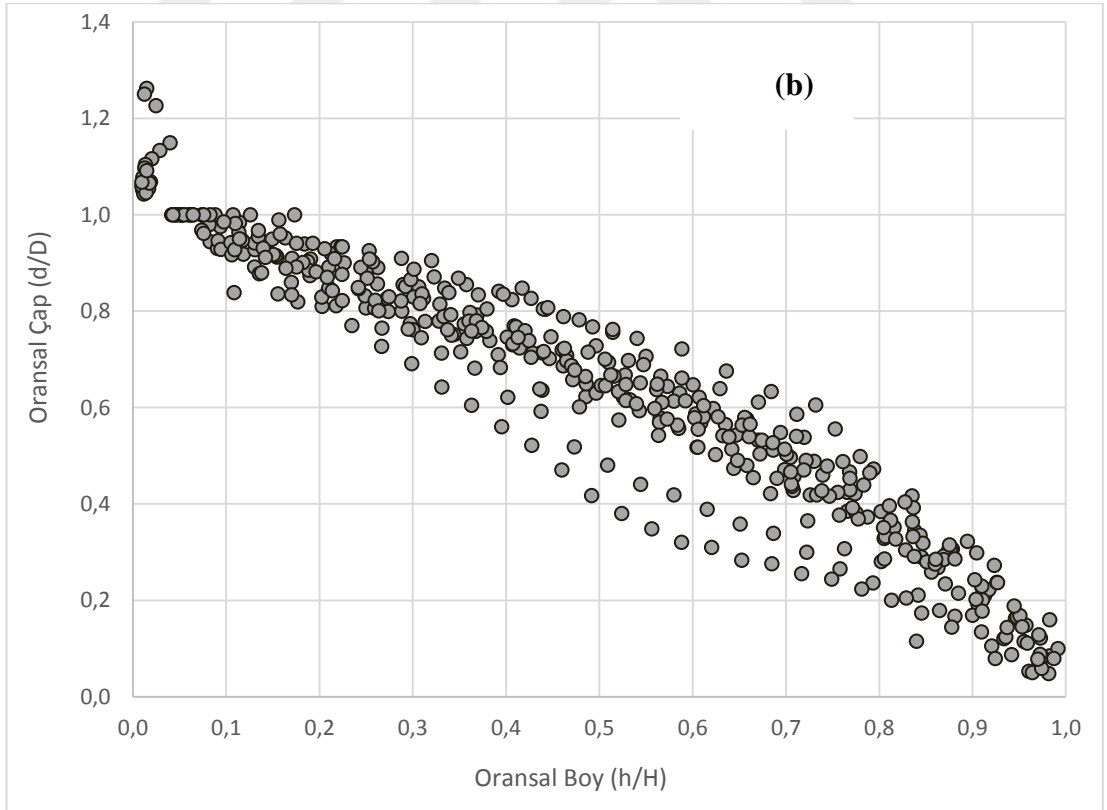
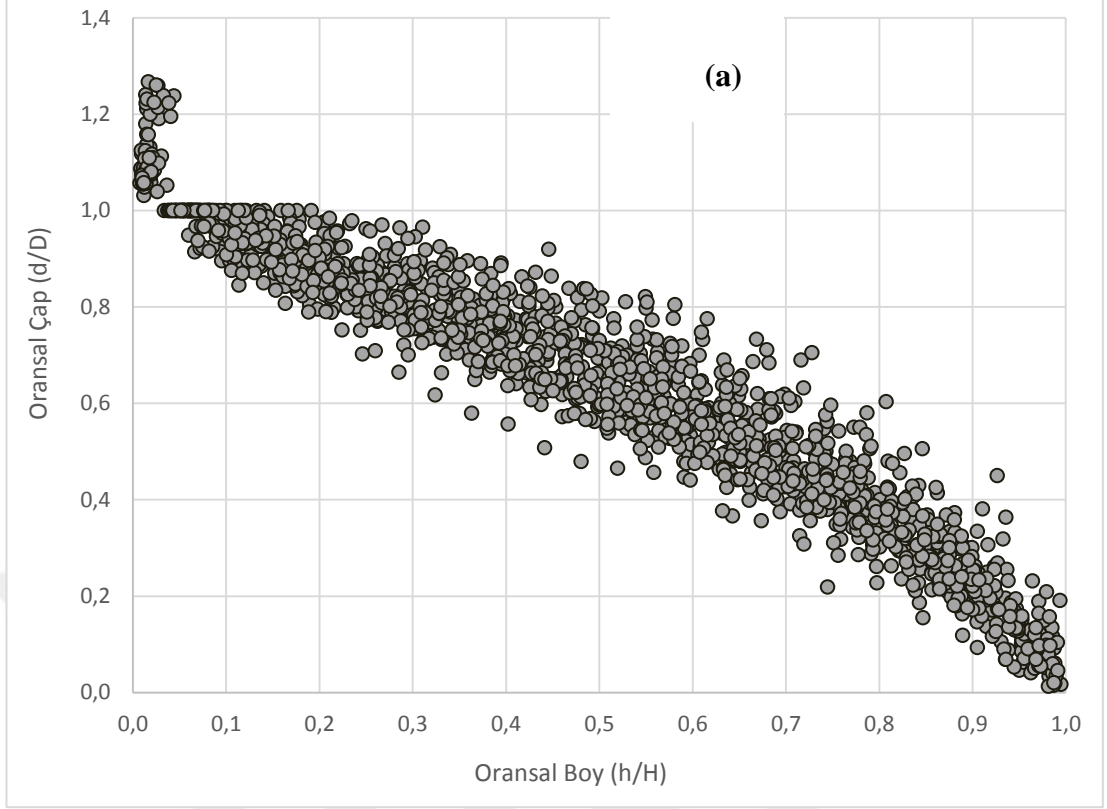
Şekil 11. Doğu Karadeniz Göknarı için modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi



Şekil 12. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi



Şekil 13. Doğu Karadeniz Göknaarı için modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı



Şekil 14. Doğu Ladini için modellerin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan verilerin oransal çap değerlerinin oransal boy değerlerine dağılımı

2.2. Metod

2.2.1. Gövde Çapı Denklemleri

Gövde Profili Modelleri hacim denklemlerine uygunluğuna göre Uyumsuz Gövde Profili Modelleri (Compatible Stem Profile Models) ve Uyumlu Gövde Profili Modelleri (Noncompatible Stem Profile Models) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Reed ve Green, 1984). Gövde profili modeli ile bir ağaç hacmi denklemi üretilemeyip, hacim hesapları tahmin edilen çap değerleri üzerinden yapılıyorsa bu modellere “Uyumsuz Gövde Profili Modelleri” adı verilmektedir. Yavuz (1995a)’ya göre “Bir gövde profili denkleminin toprak seviyesi ile uç nokta arasında integrali alındığında elde edilen hacim miktarının, ağaç hacim denklemi ile hesaplanan gövde hacmine eşit olması durumunda, bu tür gövde profili modellerine Uyumlu Gövde Profili Modelleri adı verilmektedir”.

Yirminci yüzyılın başından beri pek çok formda gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Bu Gövde Profili Modelleri, basit gövde profili modelleri (Kozak ve ark., 1969; Demaerschalk, 1972; Demaerschalk, 1973; Ormerod, 1973; Goulding ve Murray, 1976), Değişken-Form Gövde Profili Modelleri (Kozak, 1988; Newnham, 1992; Bi, 2000; Lee ve ark., 2003; Kozak, 2004), ve Parçalı Gövde Çapı Modelleri (Max ve Burkhart, 1976; Parresol ve ark., 1987; Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005) olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir (Diéguez – Aranda ve ark., 2006). Bu gövde profili fonksiyonlarının performansı, incelenen ağaç türlerine, veri setinin kalitesine ve seçilen modelin formuna ve türüne bağlı olarak değişmektedir (Sakıcı ve ark. 2008; Özçelik ve ark., 2011; Şenyurt ve ark., 2017). Bennet ve Swindel (1972)’ye göre “Birinci gruptaki modeller, göğüs çapı ve ağaç boyunun fonksiyonu olarak belirli bir yükseklikteki gövde çaplarını belirlemeye yarayan modeller biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri vermektedir” (Kozak, 1988; Newnham, 1992). Newnham (1988)’e göre “İkinci grup modellerde bir ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir” (Kozak, 1988; Perez ve ark., 1990; Kozak 2004). Ancak, ağaç gövdesi üzerindeki farklı şekillerin (gövde kısımları) hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve ticari boyun bir iterasyon-orantı ile hesaplanmasının gerekliliği, bu modellerin dezavantajıdır. Son gruptaki modeller ise ağaç gövdesini parçalara

ayırmakta ve her parçayı ayrı bir şekilde tanımlaması sayesinde, tüm ağaç gövdesini gerçeğe en yakın şekilde ortaya koyabilmektedir (Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao ve ark., 1980; Green ve Reed, 1985; Byrne ve Reed, 1986; Czaplewski ve McClure, 1988). Diğer taraftan, üçüncü grup modeller ile ağaçların toplam hacim ve ticari hacimleri, hacim denklemlerine dönüştürülebilen denklemleri ile kolaylıkla hesaplanabilmektedir (Fang ve ark., 2000).

Bu çalışma kapsamında diğer çalışmalarda da yaygın bir tercih edilen altı adet gövde çapı ve gövde hacim modeli (Model 1: Demaerschalk, 1972; Model 2: Demaerschalk, 1973; Model 3: Max ve Burkhart, 1976; Model 4: Parresol ve ark., 1987; Model 5: Jiang ve ark., 2005; Model 6: Fang ve ark., 2000) kullanılmıştır. Bu gövde çapı modellerinin ilk ikisi Basit Gövde Profili Modeli ve son dördü Parçalı Gövde Profili Modeli olup, 6 modelin hepsi de uyumlu gövde profili modelleridir. Bu çalışma kapsamında kullanılan 6 farklı gövde çapı modeli aşağıda verilmiştir (Tablo 4). Jiang ve ark. (2005) modeli, Clark ve ark. (1991)'ın önerdiği Segmented Polinomial Gövde Profil Denklemini esas alarak, çeşitli dönüşümler yapılarak daha az parametreye sahip yeni bir denklem geliştirilmiş formudur.

Bu çalışma kapsamında kullanılan Clark ve ark. (1991) parçalı gövde çapı modeli, Max ve Burkhart (1976) ve Schlaegel (1983) tarafından geliştirilen gövde çapı modellerinin birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu model ile ağaç gövdesi dört parçaya ayrılmıştır. (i) Dip kütük ile göğüs yüksekliği ile arası; (ii) 1.30 ile 5.30 m. arası olan alt gövde bölümü; (iii) 5.30 m ile toplam ağaç boyunun % 40-70'lık bölümü arasındaki orta gövde bölümü; (iv) ağaç boyunun % 40-70'lık kısmından daha sonraki üst gövde bölümü.

Tablo 4. Çalışma kapsamında kullanılan gövde çapı modelleri

Model	Expression
Demaerschalk (1972)	$d = b_1 D^{b_2} (H - h)^{b_3} H^{b_4}$
Demaerschalk (1973)	$d = \{b_1 D^2 [(H - h)^{b_2} / (b_3 H^{b_2+1} + b_4 H^{b_2})]\}^{0.5}$
Max ve Burkhart (1976)	$d = D[b_1(Z - 1) + b_2((Z)^2 - 1) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2]^{0.5}$ $I_i = \begin{cases} 1 & Z \leq a_i \\ 0 & Z \geq a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$ $Z = \frac{h}{H}$
Parresol ve ark. (1987)	$d = D\{Z_i^2(b_1 - b_2 Z_i) + (Z_i - a)^2[b_3 + b_4(Z_i + 2a)]\}^{0.5}$ $I = \begin{cases} 1 & \text{Şayet } Z \geq a_1 \\ 0 & \text{Şayet } Z < a_1 \end{cases}$ $Z = \frac{H - h}{H}$
Jiang ve ark. (2005)	$d = \left\{ \begin{array}{l} I_S \left[D^2 \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_1} - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}}{1 - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}} \right) \right] \\ + I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2) \left(\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_2} \right)}{\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_2}} \right] \\ + I_T \left[F^2 \left(\left(\frac{h - 5,30}{H - 5,30} - 1\right)^2 + I_M \left(\frac{1 - b_4}{b_3^2}\right) \left(b_3 - \frac{h - 5,30}{H - 5,30}\right)^2 \right) \right] \end{array} \right\}^{0.5}$ $I_S = \begin{cases} 1 & h < 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_B = \begin{cases} 1 & 1,30 \leq h < 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_T = \begin{cases} 1 & h < 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_m = \begin{cases} 1 & h < (5,30 + b_3(H - 5,30)) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$
Fang ve ark. 2000	$d = c_1 [H^{(k-b_1)/b_1} (1 - Z)^{(k-\beta)/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}]^{0.5}$ $Z = \frac{h}{H}$ $p_1 = \frac{h_1}{H}$ $= \frac{h_2}{H}$ p_2 $I_1 = 1, \text{ eğer } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ aksi takdirde}$ $I_2 = 1, \text{ eğer } p_2 \leq q \leq 1; 0 \text{ aksi takdirde}$ $\beta = b_1^{1-(I_1+I_2)} b_2^{I_1} b_3^{I_2}$ $c_1 = \sqrt{\frac{\alpha_1 D^{a_2} H^{a_3-k/b_1}}{b_1(r_0 - r_1) + b_2(r_1 - \alpha_1 r_2) + b_3(\alpha_1 r_2)}}$ $\alpha_1 = (1 - p_1)^{(b_2-b_1)k/b_1 b_2}$ $\alpha_2 = (1 - p_2)^{(b_3-b_2)k/b_2 b_3}$ $r_0 = ((1 - h_{st})/H)^{k/b_1}$ $r_1 = (1 - p_1)^{k/b_1}$ $r_2 = (1 - p_2)^{k/b_2}$

Bu denklemlerde;

$d = h$ yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm),

$D =$ Kabuklu göğüs çapı (cm),

$h =$ Ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),

$H =$ Toplam ağaç boyu (m),

$a_1, a_2 =$ Max ve Burkhardt (1976) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktalarını,

$a =$ Parresol ve ark. (1987) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktasını,

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

$h_1, h_2 =$ Fang ve ark. (2000) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktalarını,

$k =$ çapın kesit yüzeyine çevrilmesi için kullanılan sabit bir katsayısını ($\Pi/40000: 0.0000785$),

$h_{st} =$ ağaçların kütük yüksekliğini (m),

$a_1-a_3; b_1-b_4; p_1-p_2 =$ regresyon katsayılarını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan gövde profil denklemine ilişkin çeşitli istatistiksel başarı ölçüt değerleri ve parametre tahminlerinin elde edilmesinde, Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi kullanılmıştır. Bunun için SAS / STAT® 9.0 yazılımında bulunan PROC MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute, 2004). Bu çalışmada Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için geliştirilen gövde çapı modellerinin tahmin başarılarını değerlendirmek amacıyla, Kozak ve Smith (1993) ve Castedo-Dorado ve ark. (2006) tarafından önerilen ve Byrne ve Reed, (1986), Muhairwe, (1999), Jiang ve ark., (2005), Diéguez – Aranda ve ark.,(2006), Brooks ve ark., (2007), Sakıcı ve ark., (2008), Özçelik ve Brooks, (2012), Hjelm, (2013). Atalay, (2014) tarafından kullanılan Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R_{adj}^2), Tahminin Standart Hatası ve Ortalama Hata (\bar{E}), Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{E}|$) ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerlerinden belirtme katsayısı değerlerinin ise olabildiğince büyük ve 1'e yakın olması ve Tahminin Standart Hatası, Ortalama Hata ve Ortalama Mutlak Hata değerlerinin ise küçük olması istenilmektedir (Castedo-Dorado ve ark., 2006).

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

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

$$\text{Ortalama Hata} \quad \bar{E} = \frac{(\sum E)}{n} = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (3)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata} \quad |\bar{E}| = \frac{(\sum |E|)}{n} = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (4)$$

Burada, n: veri sayısını, p: parametre sayısını, y_i : belirli bir yükseklikte ölçülen çap değerini, \bar{y} : belirli bir yükseklikte ölçülen çap değerinin ortalamasını, \hat{y}_i : model ile tahmin edilen çap değerini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında belirlenen en başarılı gövde çapı modeline ilişkin tahminlerin doğruluğu, bu denklemin ortaya konulmasında kullanılmayan veriler ile denetlenmiştir. Bunun için, ölçümü yapılan veriler iki gruba ayrılmıştır: gövde çapı modellerinin parametrelerinin tahmini için ve bu modellerin denetimi için kullanılan veriler. I. grupta, toplam verinin yaklaşık %80'i (Gök nar için 85 örnek ağaçtaki 1830 gövde çapı, Ladin için 84 örnek ağaçtaki 1703 gövde çapı ölçümü), II. grupta ise yaklaşık %20'si (Gök nar için 22 örnek ağaçtaki 451 gövde çapı, Ladin için 22 örnek ağaçtaki 466 gövde çapı ölçümü) bulunmaktadır. En iyi gövde çapı modelinin oluşturulmasında kullanılmamış olan her iki ağaç türü için 22'şer adet ağaca ilişkin ölçülen çap değerleri ile tahmini çap değerleri, grafiksel olarak karşılaştırılmış ve ayrıca geliştirilen denklemin uygunluğu "t testi" ile analiz edilmiştir.

2.2.2. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme ile Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi

Çalışma kapsamında kullanılan 6 adet gövde çapı modelinden en başarılı olanı belirlendikten sonra, diğer bir aşama ise; söz konusu en başarılı gövde çapı modelinin parametrelerinin Karışık Etkili Modelleme ile tahmin edilmesidir.

Gövde çapı modellerinde geliştirilmesinde, her bir ağacın gövde boyunca ölçülen çap değerleri kullanılmaktadır. Birbiri ile bağımlı (seri korelasyon "otokorelasyon") olan bu çap değerleri model geliştirilmesinde kullanıldığında, regresyon analizi temel

varsayımlarından olan verilerin bağımsızlığı ilkesi gözardı edilmektedir. Searle ve ark. (1992) ve İyit ve ark. (2006)'e göre "Özellikle regresyon analizine ilişkin bu varsayımın ihlal edilmesi, parametrelere ilişkin güven aralıklarının sistematik bir hata ile tahmin edilmesine ve model sonuçlarının güvenilirliğinin olumsuz yönde etkilemesine ve hatalı tahminlerin elde edilmesine neden olabilmektedir". Bu gibi hiyerarşik veri yapıları ile istatistiksel regresyon modellerinin geliştirilmesinde, çeşitli Sayısal Çözümleme Yöntemlerini esas alan Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ile parametre tahmini tekniklerinin kullanılması yerine, varyans-kovaryans matris yapısının modellenmesine olanak sağlayan Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Nonlinear Mixed Effect Models) yaklaşımının kullanılması önerilmektedir (Laird ve Ware, 1982; Keselman ve ark. 1998; Wolfinger ve Chang, 1999; Littell ve ark. 2005).

Özçelik ve Yaşar (2015)'e göre "Karışık etkili modellemenin model yapısı, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizinden farklı olarak, parametrelerin sabit etkilere ve rasgele etkilere ilişkin parametre olmak üzere iki gruba ayrıldığı bir yapıya dayanmaktadır". Rasgele etkili parametre farklı örnekleme üniteleri (örnek ağaçlar) arasında oluşan değişkenliği tanımlarken, sabit etkili parametre ise, toplumun tamamı için genel ilişkileri ifade etmektedir. Karışık modellerdeki denklem yapısı aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ij} = f(\Phi_i, X_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

Burada, Y_{ij} i. örnek ağaçtaki j. ölçüme ilişkin ölçülen bağımlı değişken değerini, Φ_i modele ilişkin parametre değerlerini, X_{ij} i. örnek ağaçtaki j. ölçüme ilişkin ölçülen bağımsız değişken değerini, ε_{ij} model hatalarını göstermektedir (Calama ve Montero, 2006; Castedo Dorado ve ark. 2006; Crecente-Campo ve ark. 2010). Karışık etkili modellerin, model parametrelerini rasgele etkili ve sabit etkili parametre olarak iki sınıfta değerlendirmesi aşağıda verilmiştir (Castedo Dorado ve ark. 2006).

$$\Phi_i = A_{ij}\beta + B_{ij}b_i \quad (6)$$

Burada, β sabit etkilere ilişkin parametre olup, toplumun tamamı için hesaplanırken, b_i rasgele etkilere ilişkin parametre olup, örnek ağaçlar arasındaki farklılığı

göstermektedir. Karışık modellerdeki rasgele etkilere ilişkin parametre ve model hataları için temel varsayım:

$$b_i \sim N(0, D) \quad (7)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, R) \quad (8)$$

Burada, b_i rasgele etkilere ilişkin parametrenin, aritmetik ortalaması 0 ve varyansı D , model hatası olan ε_{ij} 'nin, aritmetik ortalaması 0 ve varyansı R olan bir normal dağılıma sahip olduğu şeklinde ifade edilebilir (Lappi, 1997). D bileşeni, örnek ağaçlar arasındaki değişkenliği (ağaçlar arasındaki değişkenlik) ifade eden ve pozitif tanımlı varyans-kovaryans matrisi iken, R bileşeni ise örnek ağaçlarda ölçülen veriler arasındaki değişkenliği (ağaç içi değişkenlik) tanımlayan varyans-kovaryans matrisidir. Varyans-kovaryans matrislerinin eşitlikleri:

$$D = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & \sigma_{uv}^2 \\ \sigma_{uv}^2 & \sigma_v^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$R = \sigma^2 I_i \quad (10)$$

Burada, σ_u^2 u rasgele etkili parametrenin varyansını, σ_v^2 v rasgele etkili parametrenin varyansını, σ_{uv}^2 rasgele etkili parametreler arasındaki kovaryansını, σ^2 modele ilişkin hata değerini, I_i satır-sütun sayısı karışık etkili modelin uygulanacağı örnek ağaç için kullanılacak veri sayısına eşit olan ve sabit olmayan varyansı tanımlayan diagonal matris değerini ifade etmektedir. (Castedo-Dorado ve ark. 2006; Trincado ve ark. 2007).

En uygun uyumlu gövde profile modelinin varyans bileşenleri ve sabit parametreleri, SAS/ETS 9.0 istatistik paket programındaki NLME yaklaşımı ile NLMIXED yöntemi ile tahmin edilmiştir (SAS Institute, 2004). Bu yöntem ile en iyi gövde çapı modeli için farklı tesadüfi parametre kombinasyonları test edilmiştir. En uygun tesadüfi etkili parametre kombinasyonunun belirlenmesinde Akaike's Information Criterion (AIC), Schwarz's Bayesian Information Criterion (BIC) ve twice the negative log-likelihood (-2Ln(L)) kriterleri kullanılmıştır.

$$AIC = -2 \ln(L) + 2k \quad (11)$$

$$BIC = -2 \ln(L) + k \cdot \ln(n) \quad (12)$$

Burada; n gözlem sayısını, k tahmin edilen sabit etkili ve rastgele etkili varyans bileşeni sayısını, L Logaritmik Likelihood fonksiyonun (ML) maksimum değerini göstermektedir. Akaike Bilgi Ölçütü (AIC) ve Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC) kriterlerinin küçülmesi, model tahmin başarısının arttığını ifade etmektedir.

2.2.3. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modellerin Kalibrasyon Yanıtlarının Belirlenmesi

Karışık etkili modellemede, çözümlenmesi gereken diğer bir konu da; modelin “Kalibrasyon Yanıtlarının” ortaya konulmasıdır. Kalibre edilen modeller ile daha tutarlı, doğru, ve güvenilir tahminler elde edilmektedir (Castedo-Dorado ve ark. 2006; Calama ve Montero, 2006; Trincado ve Burkhart, 2006; Yang ve ark. 2009a; Crecente-Campo ve ark. 2010; Cao ve Wang, 2011). Özçelik ve Yaşar (2015)’e “Karışık etkili modellerde, örnek alanlardan yeni elde edilen gözlem değerleri kullanılarak, rasgele parametreler hesaplanmakta ve popülasyonun tamamı için geçerli olan sabit etkili parametre değerlerine, bu rasgele parametre eklenerek (rastgele parametre negatif ise; çıkarılarak), söz konusu örnek alan için geçerli parametre değerleri hesaplanmaktadır”. Lappi (1991)’nin ormancılıkta kullandığı ve Henderson eşitlikleri olarak da adlandırılan “En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP) yöntemi” ormancılık uygulamalarında karışık modellerin kalibre edilmesinde kullanılmaktadır.

En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (BLUP) yönteminde, rasgele etkili parametrenin belirlenmesinde kalibre edilecek yeni verilerin ölçümüne ihtiyaç duyulmaktadır (Crecente-Campo ve ark. 2010). Örnek alanlarda veya ağaçlarda hangi ağaçların (En ince, orta çapa yakın veya en kalın çaplı ağaçlar) veya çapların (en dip, orta, en üstteki çaplar) ölçüleceğinin belirlenmesi, karışık etkili modellerin “Kalibrasyon Yanıtı” (Calibration response) olarak adlandırılmaktadır. “Bu amaçla, örnek alanlarda, farklı özellikte ve sayıda ağaçlar kullanılarak, rasgele parametreler hesaplanmakta, bir sonraki aşamada yapılan tahminlerin hata değerleri analiz edilmektedir” (Özçelik ve Yaşar, 2015). Bu yöntem ile rasgele etkili parametre değerleri, şu şekilde belirlenmektedir.

$$\hat{b}_i \approx DZ_i'(R + Z_iDZ_i')^{-1}(Y_i - A_{ij}\beta) \quad (13)$$

Burada, D ve R bileşenleri daha önce tanımlanmış varyans-kovaryans matrislerini; Z_i bileşeni rasgele etkili parametreler için dizayn matrisini; Z_i' Z_i matrisinin tersini ifade etmektedir. Ayrıca yukarıdaki eşitlikte, $(Y_i - A_{ij}\beta)$ bileşeni, karışık modelde sadece sabit etkili parametreler kullanılarak yapılacak tahminin, gözlem değerinden çıkarılması ile hesaplanmaktadır (Schmidt ve ark. 2010).

Bu çalışmada en başarılı olarak belirlenen Jiang ve ark. (2005) modelinin kalibrasyon yanıtlarının ortaya konulmuştur. Bu amaçla parametre tahminlerinde kullanılmamış olan her iki ağaç türü için de 22'şer örnek ağaç verisi ile Jiang ve ark. (2005) modeli kalibre edilmiştir.

Bu çalışmada karışık etkili modellerin kalibrasyon yanıtlarının belirlenmesinde; Garber ve Maguire (2003), Trincado ve Burkhart (2006), Yang ve ark. (2009a ve 2009b), Sharma ve Parton (2009), Özçelik ve ark. (2011), Cao ve Wang (2011), Subedi ve Sharma (2011), Gómez-García ve ark. (2013 ve 2016) ve Şenyurt ve ark. (2017)'un çalışmalarında önerdiği farklı senaryolar da dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Söz konusu kalibrasyon yanıt seçenekleri şunlardır:

- i) ağaçların dip kısmına en yakın 3 adet çap değeri,
- ii) ağaçların dip kısmına en yakın 4 adet çap değeri,
- iii) ağaçların dip kısmına en yakın 5 adet çap değeri,
- iv) ağaçlarda ölçülmüş çapları iki eşit parçaya bölen ortadaki 3 adet çap değeri,
- v) ağaçlarda ölçülmüş çapları iki eşit parçaya bölen ortadaki 4 adet çap değeri,
- vi) ağaçlarda ölçülmüş çapları iki eşit parçaya bölen ortadaki 5 adet çap değeri,
- vii) ağaçlarda uç kısmına en yakın 3 adet çap değeri,
- viii) ağaçlarda uç kısmına en yakın 4 adet çap değeri,
- ix) ağaçlarda uç kısmına en yakın 5 adet çap değeri,
- x) ağaçlarda 0.30 m, 1.30 m ve 5.30 m 'den olmak üzere toplam 3 adet çap değeri,
- xi) ağaçlarda 0.30 m, 1.30 m, 5.30 m ve uç kısma en yakın çap olmak üzere toplam 4 adet çap değeri,
- xii) ağaçlarda 0.30 m, 1.30 m, 5.30 m, çapları iki eşit parçaya bölen ortadaki 1 çap ($d_{h/2}$) ve uç kısma en yakın 1 çap (d_{top}) olmak üzere toplam 5 adet çap değeri.

Karışık etkili modellerin kalibrasyon yanıtının belirlenmesinde, en iyi sonucu veren seçeneğin belirlenmesinde ise; Hata Kareler Toplamı (SSE:Sum of Squared Errors), Hata Kareler Ortalaması (MSE:Mean Squared error) ve Tahminin Standart Hatası- Hata Kareler Ortalamasının Karekökü - (SSE- RMSE) (Eşitlik 2) değerleri kullanılmıştır (Castedo-Dorado ve ark., 2006).

$$\text{Hata Kareler Toplamı} \quad SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (14)$$

$$\text{Hata Kareler Ortalaması} \quad MSE = \frac{HKT}{n} = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (15)$$

2.2.3. Gövde Hacminin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında kullanılan 6 adet gövde çapı modelinden sadece en başarılı olan Jiang ve ark. (2005) modeline göre, ağaçlara ilişkin hacim tahminleri hesaplanmıştır. Jiang ve ark. (2005) uyumlu bir gövde çapı modeli olduğundan, bu gövde çapı modelinin hacim denklemi ile bir ağaca ilişkin çeşitli yükseklikler arasındaki hacim değerleri ile toplam ağaç hacmi hesaplanabilmektedir.

Jiang ve ark. (2005) Gövde Hacim Modeli;

$$V = k \left[\begin{aligned} & I_1 D^2 \left[(1 - GW_1)(U_1 - L_1) + \frac{W_1 \left(\left(1 - \frac{L_1}{H}\right)^{b_1} (H - L_1) - \left(1 - \frac{U_1}{H}\right)^{b_1} (H - U_1) \right)}{(b_1 + 1)} \right] \\ & + I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) - \frac{Z \left(\left(1 - \frac{L_2}{H}\right)^{b_2} (H - L_2) - \left(1 - \frac{U_2}{H}\right)^{b_2} (H - U_2) \right)}{\left(1 + \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_2}} \right] \\ & + I_4 F^2 \left[\begin{aligned} & b_3(U_3 - L_3) - \frac{b_2((U_2 - 5,30)^2 - (L_2 - 5,30)^2)}{(H - 5,30)} + \\ & \frac{\left(\frac{b_2}{3}\right) ((U_2 - 5,30)^2 - (L_2 - 5,30)^2)}{(H - 5,30)} + \\ & \frac{I_5 \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{(1-b_2)}{b_4^2}\right) (b_4(H - 5,30) - (U_2 - 5,30))^2}{(H - 5,30)^2} - \\ & \frac{I_6(1/3) \left((1 - b_2)/b_4^2\right) (b_4(H - 5,30) - (U_2 - 5,30))^2}{(H - 5,30)^2} \end{aligned} \right] \end{aligned} \right] \quad (16)$$

$$L_1 = \max(L, 0.30)$$

$$L_2 = \max(L, 1.30)$$

$$L_3 = \max(L, 5.30)$$

$$U_1 = \min(L, 1.30)$$

$$U_2 = \min(L, 5.30)$$

$$U_3 = \min(L, H)$$

$$\begin{aligned}
I_1 &= \begin{cases} 1 & L < 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} & I_2 &= \begin{cases} 1 & L < 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} & I_3 &= \begin{cases} 1 & U > 1,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} & I_4 &= \begin{cases} 1 & U > 5,30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \\
I_5 &= \begin{cases} 1 & (L_3 - 5,30) < b_3(H - 5,30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} & I_6 &= \begin{cases} 1 & (U_3 - 5,30) < b_3(H - 5,30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \\
G &= \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1} & W_1 &= \frac{1}{1 - G} & X &= (1 - 1,30/H)^{b_4} & Y &= \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_4} \\
T &= D^2 ZX & Z &= \frac{D^2 - F^2}{X - Y} & F_{d5.3} &= D \left(b_1 + \left(b_2 \frac{5.27}{H} \right)^2 \right)
\end{aligned}$$

Burada:

b_1 = gövdenin 1.30 m den daha aşağı kısmı için regresyon katsayısını,
 b_2 = gövdenin 1.30 m ile 5.30 m leri arası için regresyon katsayısını,
 b_3 ve b_4 = gövdenin 5.30 m'den sonraki kısmı için regresyon katsayılarını,
 F = 5.30 m deki kabuklu ağaç çapını (Girard'ın form class boyutu),
 k = 0.0000785'i göstermektedir.

Bu çalışmada ayrıca her iki ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Literatürde çok sayıda ağaç hacim denklemleri olmakla birlikte benzer çalışmalarda en çok kullanılan ve genel itibariyle başarılı olan ağaç hacim denklemleri tercih edilmiştir. Bu doğrusal olan ve doğrusal olmayan regresyon analizleri SPSS (SPSS 19.0 Institute Inc., 2010) adlı istatistik yazılım programı yardımıyla yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında tercih edilen tek girişli ağaç hacim denklemleri Tablo 5'de ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Çalışma kapsamında kullanılan tek girişli ağaç hacim denklemleri

Model adı	Model	Eşitlik no
Hohenadl-Krenn	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	(17)
Kopezky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2$	(18)
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 d + \beta_2 d^2$	(19)
Berkhout(üssel)	$V = \beta_0 d^{\beta_1}$	(20)

Tablo 6. Çalışma kapsamında kullanılan çift girişli ağaç hacim denklemleri

Model adı	Model	Eşitlik no
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	(21)
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 + \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3}$	(22)
Naslund	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + (\beta_2 h + \beta_3 dh + \beta_4 d^2 h)h$	(23)
Spurr	$V = \beta_0 d^2 h$	(24)
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$	(25)
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + (\beta_3 + \beta_4 d + \beta_5 d^2)h$	(26)
Takata	$V = d^2 h / (\beta_0 + \beta_1 d)$	(27)
Prodan	$\log V = \beta_0 + \beta_1 \log d + \beta_2 (\log d)^2 + \beta_3 \log h + \beta_4 (\log h)^2$	(28)
Ogaya	$V = d^2 (\beta_0 + \beta_1 h)$	(29)

Çalışma kapsamında tek girişli ve çift girişli ağaç hacim eşitliklerinden büyüme yasaları ile uyumlu özellikleri taşıyan, düzeltilmiş belirtme katsayısı (R_{adj}^2) değeri yüksek ve standart hata (SEE), Ortalama Hata (\bar{E}) ve Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{E}|$) değerleri düşük model seçilmiştir (Kalıpsız, 1984).

$$\text{Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi} \quad \%|\bar{E}| = 100 \times \frac{\sum |\hat{V}_i - V_i|}{\sum V_i} \quad (30)$$

$$\text{Ortalama Hata Yüzdesi} \quad \% \bar{E} = 100 \times \frac{\sum \hat{V}_i - \sum V_i}{\sum V_i} \quad (31)$$

Her iki ağaç türü için de ağaç gövdeleri üzerinde her 1 m'de ölçülen çaplar kullanılarak toplam gövde hacimleri, Smalian formülü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_{smalian} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) l \quad (32)$$

Bu denklemde d_0 seksiyonun kalın uc çapını, d_n seksiyonun ince uç çapını, l seksiyon uzunluğunu ifade etmektedir.



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

213 örnek ağaca ilişkin kütük ve göğüs çapı ve boy özelliklerinin çeşitli istatistiksel bilgileri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesinde kullanılan verilerin istatistiki değerleri.

Ağaç Türü	Veri Tipi	Özellik	Veri Sayısı	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma	
Doğu Karadeniz Göknarı		D (cm)	85	9.4	33.6	66.0	15.5	
		H (m)	85	5.7	21.2	39.8	7.5	
	Model	t (yıl)	85	36.0	100.5	219.0	35.8	
		Veri	V (m ³)	85	0.026	1.358	5.861	1.360
		d (cm)	1830	0.2	25.5	75	14.7	
		h (m)	1830	0.3	12.0	39.3	8.2	
	Kontrol		D (cm)	22	7.9	35.1	65.5	15.8
			H (m)	22	7.7	21.5	40.0	8.0
		Veri	t (yıl)	22	51.0	107.8	201.0	45.0
			V (m ³)	22	0.025	1.478	6.661	1.583
		d (cm)	451	1.2	24.0	66.3	13.2	
		h (m)	451	0.3	11.2	34.3	7.5	
Doğu Ladini		D (cm)	84	8.0	32.6	80.0	14.9	
		H (m)	84	6.8	20.2	38.5	6.7	
	Model	t (yıl)	84	22.0	106.9	244.0	44.1	
		Veri	V (m ³)	84	0.022	1.140	6.212	1.242
		d (cm)	1703	0.4	23.3	86	13.8	
		h (m)	1703	0.3	11.1	38.3	7.5	
	Kontrol		D (cm)	22	8.7	36.6	72.1	16.4
			H (m)	22	7.5	21.3	31.1	6.5
		Veri	t (yıl)	22	38.0	110.2	213.0	47.0
			V (m ³)	22	0.024	1.418	4.125	1.219
		d (cm)	466	1	25.6	76.4	14.6	
		h (m)	466	0.3	11.4	30.3	7.4	

Burada D: göğüs çapını, H: ağaç boyunu, t: ağaç yaşlarını, V: ağaç hacmini, h: kesit yüksekliklerini ve d: belirli kesit yüksekliklerdeki gövde çaplarını göstermektedir.

3.1.Gövde Çapı Modellerine İlişkin Bulgular

Bu çalışmada her iki tür için gövde çapı modellerine ilişkin çeşitli model başarı ölçüt değerleri, Tablo 8’da verilmiştir.

Tablo 8’in incelenmesinde de görüleceği gibi Doğu Karadeniz Göknarı için, gövde çapı tahminlerindeki varyansın % 98.7’sini Jiang ve ark. (2005) modeli, % 98.1’ini Fang ve ark. (2000) modeli, % 97.9’unu Demaerschalk (1972) modeli, % 97.8’ini Max ve Burkhart (1976) modeli, % 97.7’sini Demaerschalk (1973) modeli ve % 97.2’sini Parresol ve ark. (1987) modeli tarafından açıklanmaktadır. Doğu Karadeniz Göknarı için gövde çapı denklemlerinin belirtme katsayıları (R_{adj}^2) 0.972-0.987 arasında değişmektedir. Denklemlerin standart hataları (SEE) 1.700-2.464, ortalama hataları (\bar{E}) 0.006-0.577 ve ortalama mutlak hataları ($|\bar{E}|$) ise 1.179-1.843 arasında değişmektedir (Tablo 8). Diğer taraftan, Doğu Ladini için, gövde çapı tahminlerindeki varyansın % 98.3’ünü Jiang ve ark. (2005) modeli, % 97.9’unu Fang ve ark. (2000) modeli, % 97.7’sini Demaerschalk (1972) modeli, % 97.6’sını Max ve Burkhart (1976) modeli, % 97.5’ini Demaerschalk (1973) modeli ve % 96.7’sini Parresol ve ark. (1987) modeli tarafından açıklanmaktadır. Doğu Ladini için gövde çapı denklemlerinin belirtme katsayıları (R_{adj}^2) 0.967-0.983 arasında değişmektedir. Denklemlerin standart hataları (SEE) 1.814-2.503, ortalama hataları (\bar{E}) 0.057-0.676 ve ortalama mutlak hataları ($|\bar{E}|$) ise 1.269-1.962 arasında değişmektedir (Tablo 8).

Tablo 8’in incelenmesinde de görüleceği gibi, model başarı ölçüt değerleri değerlendirildiğinde, Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen Model 5’in her iki ağaç türü için de en başarılı model olduğu belirlenmiştir. Jiang ve ark. (2005) modeli, Göknar ağaç türü için gövde çapı tahminindeki varyansın % 98.7’sini açıklarken Ladin ağaç türü için ise % 98.3’ünü açıklayabilmektedir. En başarılı gövde çapı denkleminin göknar ve ladin ağaç türleri için sırasıyla, SEE değerleri 1.700 ve 1.814 cm, (\bar{E}) değerleri 0.143 ve 0.167 cm, ($|\bar{E}|$) değerleri ise 1.179 ve 1.269 cm olarak elde edilmiştir (Tablo 8).

Her iki tür için en başarılı gövde çapı modeline (Jiang ve ark., 2005) ilişkin parametre tahminleri, standart hata değerleri, t-hesap değerleri ve önem düzeyleri Tablo 9’da verilmiştir.

Jiang ve ark. (2005) denklemde özellikle 5.30 m yükseklikteki çapın ölçümü zor olmakla birlikte, bu değişken ağacın göğüs çapı ve boyu aracılığı ile tahmin edilebilmektedir. Her iki ağaç türü için, 5.30 metre yüksekliğindeki çap değerinin, göğüs çapına ve boy değerine göre tahmin denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\text{Doğu Karadeniz Göknaarı için} \quad F_{d5.3} = d_{1.3} \left(0.923 + \left(-0.832 \frac{5.27}{H} \right)^2 \right) \quad (33)$$

$$\text{Doğu Ladini için} \quad F_{d5.3} = d_{1.3} \left(0.893 + \left(-0.668 \frac{5.27}{H} \right)^2 \right) \quad (34)$$

Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için bu denklemlerde tüm parametreler, $p < 0.001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Her iki tür için sırasıyla; modellerinin düzeltilmiş belirtme katsayıları (R_{adj}^2), 0.986 ve 0.987, tahminin standart hataları (SEE) 1.725 ve 1.520 cm, ortalama hataları (\bar{E}) 0.044 ve 0.015 cm, ortalama mutlak hataları ($|\bar{E}|$) 1.279 ve 1.145 cm olarak elde edilmiştir.

Tablo 8 Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için gövde çapı modellerinin çeşitli model başarı ölçütleri

Modeller	Doğu Karadeniz Göknaarı				Doğu Ladini			
	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
Demaerschalk	0.979	2.134	0.006	1.575	0.977	2.082	0.057	1.571
Demaerschalk (1973)	0.977	2.245	0.192	1.652	0.975	2.182	0.203	1.625
Max ve Burkhart (1976)	0.978	2.162	0.265	1.592	0.976	2.147	0.311	1.646
Parresol ve ark. (1987)	0.972	2.464	0.577	1.843	0.967	2.503	0.676	1.962
Jiang ve ark. (2005)	0.987	1.700	0.143	1.179	0.983	1.814	0.167	1.269
Fang ve ark. (2000)	0.981	2.035	0.054	1.497	0.979	2.001	0.138	1.516

Tablo 9 Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin parametre tahminleri

Parametre	Doğu Karadeniz Göknaarı				Doğu Ladini			
	Tahmin	Standart hata	t değeri	p	Tahmin	Standart t hata	t değeri	p
b1	158.25	5.8746	26.94	<0.000	152.830	6.533	23.39	<0.000
b2	1.3388	0.5260	2.55	<0.011	2.9909	0.759	3.94	<0.000
b3	0.8796	0.0050	177.66	<0.000	0.9003	0.005	168.0	<0.000
b4	4.0340	0.1203	33.53	<0.000	4.0662	0.157	25.80	<0.000

Jiang ve ark. (2005)'in denklemi, bu çalışmada da olduğu gibi birçok çalışmada gövde profilinin modellenmesinde başarılı sonuçlar vermiştir. Gövde çapının modellenmesinde bu denklem ile Özçelik ve Bal (2013) %98.59'luk, Atalay (2014) %94.44'lük, Kurt (2014) % 98.43'lük, Jiang ve ark. (2005) %98.37'lik, Şahin (2012) %98.28'lik ve Bal (2012) %98.13'lük bir açıklayıcılık elde etmişlerdir.

3.2.Karışık Etkili Gövde Çapı Denklemine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında kullanılan 6 adet gövde çapı modelinden en başarılı olan (Model 5: Jiang ve ark., 2005) belirlendikten sonra, diğer bir aşama ise söz konusu en başarılı gövde çapı modeline Karışık Etkili Modelleme sürecinin uygulanmasıdır.

Bu çalışmada, ağaçların gövde boyunca çap gelişimlerini modelleme en başarılı olarak belirlenen Jiang ve ark. (2005)'in denklemine ilişkin parametreler, karışık etkili modelleme ile de tahmin edilmiştir. Gövde çapı modelinin b_1 , b_2 , b_3 ve b_4 parametrelerinin bir, iki, üç ve dördü tesadüfi etkili parametre kombinasyonları test edilmiştir. Bu çerçevede toplam 15 farklı kombinasyon istatistiksel olarak test edilmiştir. En uygun tesadüfi etkili parametre kombinasyonunun belirlenmesinde kullanılan ölçüt değerleri Akaike Bilgi Kriteri (Akaike's Information Criterion: AIC), Bayesian Bilgi Ölçütü (Schwarz's Bayesian Information Criterion: BIC) ve iki kez logaritmik olabilirlik fonksiyonu (twice the negative log-likelihood: $-2\ln L$) Table 10'de verilmiştir.

Tablo 10. Doğu Karadeniz Gökmarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için farklı rastgele parametre seçenekleri için başarı ölçütleri

Rastgele Parametreler	Doğu Karadeniz Gökmarı			Doğu Ladini		
	-2LnL	AIC	BIC	-2LnL	AIC	BIC
b ₁	7134.5	7146.5	7161.2	6860.6	6872.6	6887.2
b ₂	7120.2	7132.2	7146.9	6843.3	6855.3	6889.9
b ₃	6182.5	6194.5	6209.1	5696.6	5708.6	5723.2
b ₄	6087.9	6099.9	6114.6	5729.7	5741.7	5756.3
b ₁ ,b ₂	7123.9	7139.9	7159.5	6856.3	6874.4	6891.7
b ₁ ,b ₃	6120.2	6136.2	6155.7	5612.0	5628.0	5647.4
b ₁ ,b ₄	6015.0	6031.0	6050.5	5649.8	5665.8	5685.2
b ₂ ,b ₃	6169.1	6185.1	6204.6	5691.0	5707.0	5726.4
b ₂ ,b ₄	6073.7	6080.7	6109.3	5725.5	5741.5	5761.0
b₃,b₄	5527.2	5543.2	5562.7	5343.5	5359.5	5359.6
b ₁ ,b ₂ ,b ₃	6166.5	6188.5	6215.4	5648.3	5670.3	5697.0
b ₁ ,b ₂ ,b ₄	6063.2	6085.2	6112.0	5644.6	5666.6	5693.0
b ₁ ,b ₃ ,b ₄	5376.2	5398.3	5425.1	6127.3	6149.3	6176.0
b ₂ ,b ₃ ,b ₄	6034.6	6056.6	6083.5	5618.2	5640.3	5666.9
b ₁ ,b ₂ ,b ₃ ,b ₄	5314.7	5344.7	5381.3	5161.0	5191.0	5274.4

Karışık etkili doğrusal olmayan regresyon modellerinin karşılaştırılmasında, AIC, BIC ve -2LnL değerleri kullanılmaktadır. Bu kriterlerin sayısal değeri en düşük olan model daha başarılı olarak değerlendirilmektedir (Castedo-Dorado ve ark. 2006). Table 8’de de görüleceği üzere, AIC, BIC ve -2LnL ölçüt değerleri dikkate alındığında, hem Gökmar ve hem de Ladin türü için b₃ ve b₄ parametreleri tesadüf etkili model en başarılıdır. Her iki tür için üçlü ve dördü tesadüf etkili modellerde bir veya birden fazla parametre 0.05 önem düzeyinde anlamlı olmadığı için tercih edilmemiştir. En başarılı olarak belirlenen karışık etkili modelin (b₃ ve b₄ rastgele parametre: random effect parameters) parametre tahminleri ise Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için seçilen karışık etkili modelin parametre ve varyans değerlerine ilişkin tahminler

Tür	Parametreler		Tahmin	Standart Hata	t değeri	p	
Doğu Karadeniz Göknaarı	Parametre Değerleri	b_1	158.26	3.5914	44.07	<0.0001	
		b_2	1.3388	0.3007	4.95	<0.0110	
		b_3	0.8522	0.0034	251.59	<0.0001	
		b_4	3.6780	0.1271	28.94	<0.0001	
	Rastgele Etkili	σ_u^2	0.0107	0.0014	7.69	<0.0001	
	Parametre Varyansları	σ_v^2	4.2857	0.7841	5.47	<0.0001	
	Kovaryans	σ_{uv}^2	0.1879	0.0296	6.35	<0.0001	
	Model Hatası	σ^2	0.9470	0.0327	28.93	<0.0001	
	Doğu Ladini	Parametre Değerleri	b_1	152.90	4.0306	37.93	<0.0001
			b_2	2.9898	0.4588	6.52	<0.0001
b_3			0.8473	0.0040	211.49	<0.0001	
b_4			3.4051	0.1381	24.65	<0.0001	
Rastgele Etkili		σ_u^2	0.0132	0.0024	5.51	<0.0001	
Parametre Varyansları		σ_v^2	3.3346	0.6879	4.85	<0.0001	
Kovaryans		σ_{uv}^2	0.1723	0.0359	4.80	<0.0001	
Model Hatası		σ^2	1.0648	0.0384	27.74	<0.0001	

3.3.Kalibrasyon Yanıtlarına İlişkin Bulgular

Bu çalışmada modellerin oluşturulmasında ve parametre tahminlerinde kullanılmamış olan her iki ağaç türü için 22'şer örnek ağaç verisi ile Jiang ve ark. (2005) modeli kalibre edilmiştir.

En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (BLUP) yöntemine ilişkin 13 numaralı eşitlikle rastgele etkili parametreler, söz konusu bu örnek ağaçlar için Trincado ve ark. (2007) tarafından verilmiş olan SAS program kodu kullanılarak hesaplanmıştır. Her iki tür için her bir örnek ağaç (22 adet örnek ağaç) için 12 farklı şekilde hesaplanan rastgele etkili parametre değerleri (u ve v parametreleri), b_3 ve b_4 parametrelerine eklenerek, her bir örnek ağaç için b_1 ve b_4 parametre değerinin değişmesi ile bu ağaçlar için farklı gövde çapı denklemleri elde edilmiştir. Karışık etkili modellerin kalibrasyonunda daha sonra 12 farklı kalibrasyon seçeneğine bağlı olarak hesaplanan rastgele parametreler ile elde edilen farklı gövde çapı denklemleri kullanılarak 22 adet örnek ağaç için gövde boyunca ölçülen çap değerleri için tahminler elde edilmiştir.

Her iki ağaç türü için bu örnek ağaçlarda yapılan tahminlere ilişkin Hata Kareler Toplamı (SSE), Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Tahminin Standart Hatası (SEE) değerleri, Table 12'de verilmiştir. Bu kalibrasyon seçenekleri içinde en iyi tahmin sonuçları, Gökmar ağaç türü için ağaçların orta bölgesindeki beş adet (SSE: 2733.2, MSE: 6.0602 ve SEE: 2.4617) ve Ladin ağaç türü için ise ağaçların dip kısmındaki dört çapın (SSE: 4982.0, MSE: 10.6909 ve SEE: 3.2697) ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneği ile elde edilmiştir.

Tablo 12. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için farklı kalibrasyon seçeneklerine ilişkin tahmin sonuçları

Kalibrasyon Seçenekleri	Doğu Karadeniz Göknarı			Doğu Ladini		
	SSE	MSE	SEE	SSE	MSE	SEE
(i) En dip 3 çap	2904.5	6.4401	2.5377	5273.4	11.3162	3.3640
(ii) En dip 4 çap	2789.4	6.1850	2.4870	4982.0	10.6909	3.2697
(iii) En dip 5 çap	2789.6	6.1855	2.4871	5277.1	11.3242	3.3652
(iv) Ortadaki 3 çap	2734.8	6.0638	2.4625	5149.9	11.0514	3.3244
(v) Ortadaki 4 çap	2735.4	6.0652	2.4628	5161.1	11.0754	3.3280
(vi) Ortadaki 5 çap	2733.2	6.0602	2.4617	5155.3	11.0628	3.3261
(vii) 3 adet uç çap	2778.4	6.1605	2.4820	5263.9	11.2960	3.3610
(viii) 4 adet uç çap	2772.4	6.1472	2.4794	5253.1	11.2727	3.3575
(ix) 5 adet uç çap	2767.3	6.1359	2.4771	5243.1	11.2513	3.3543
(x) $d_{0.30}, d_{1.30}, d_{5.30}$	2976.8	6.6005	2.5691	5233.1	11.2299	3.3511
(xi) $d_{0.30}, d_{1.30}, d_{5.30}, d_{uç}$	2786.9	6.1794	2.4858	5245.9	11.2573	3.3552
(xii) $d_{0.30}, d_{1.30}, d_{5.30}, d_{h/2}, d_{uç}$	2777.0	6.1575	2.4814	5229.7	11.2225	3.3500

3.4. Gövde Çapı Tahminlerinin Değerlendirmesi

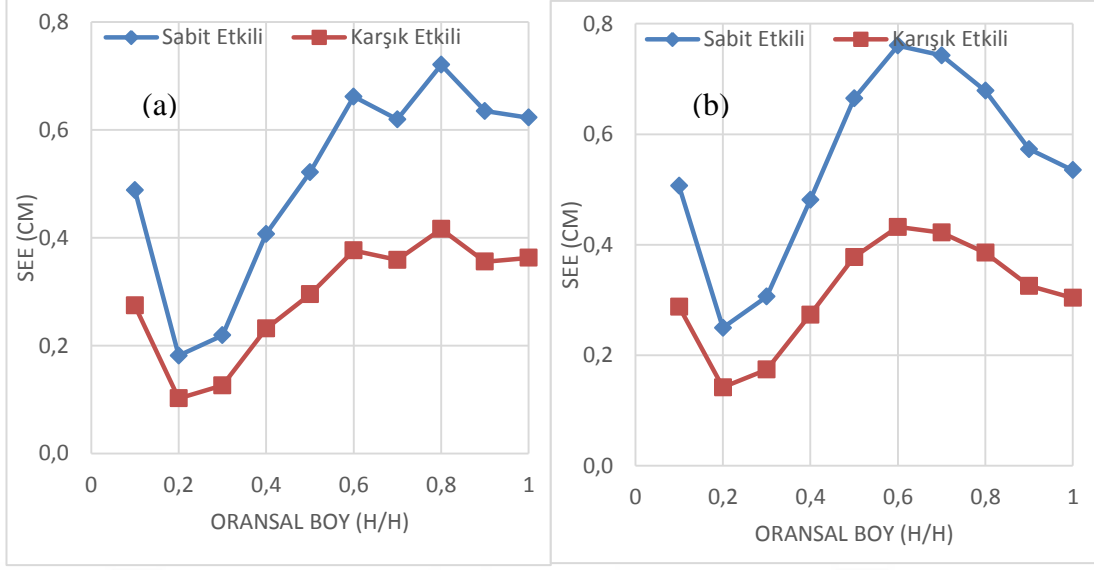
Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için geliştirilen gövde çapı modellerinin etkinliği daha ayrıntılı olarak da incelenmiştir. Bu bağlamda, her iki ağaç türü için geliştirilen sabit etkili ve karışık etkili gövde çapı modellerinin tahminlerine ilişkin tahminlerin standart hata (SEE), ortalama hata (\bar{E}) ve ortalama mutlak hata ($|\bar{E}|$) değerleri, oransal boy (nisbi boy) değerleri için değerlendirilmiştir (Sabit etkili gövde çapı modeli için Tablo 13 ve karışık etkili gövde çapı modeli için ise Tablo 14). Ayrıca her iki ağaç türü için SEE değerlerinin oransal boy değerlerine göre değişimi Şekil 15’de verilmiştir.

Tablo 13. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türlerinde sabit etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	Doğu Karadeniz Göknarı			n	Doğu Ladini		
		SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $		SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
0.0-0.1	205	0.488	0.026	0.097	185	0.507	0.039	0.100
0.1-0.2	175	0.182	-0.016	0.038	170	0.250	-0.014	0.055
0.2-0.3	184	0.219	0.003	0.049	171	0.306	-0.004	0.059
0.3-0.4	181	0.407	0.009	0.084	173	0.481	0.016	0.109
0.4-0.5	189	0.521	0.020	0.119	168	0.665	0.017	0.159
0.5-0.6	177	0.662	0.020	0.158	171	0.760	0.017	0.179
0.6-0.7	183	0.620	0.014	0.149	166	0.743	0.025	0.173
0.7-0.8	182	0.721	-0.001	0.177	175	0.679	0.008	0.164
0.8-0.9	181	0.635	-0.008	0.161	163	0.573	0.004	0.142
0.9-1.0	173	0.623	0.076	0.148	161	0.535	0.060	0.130
Tümü	1830	1.700	0.143	1.179	1703	1.814	0.167	1.269

Tablo 14. Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türlerinde karışık etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	Doğu Karadeniz Göknarı			n	Doğu Ladini		
		SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $		SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
0.0-0.1	205	0.274	0.015	0.054	185	0.288	0.022	0.057
0.1-0.2	175	0.102	-0.009	0.021	170	0.142	-0.008	0.031
0.2-0.3	184	0.126	-0.004	0.029	171	0.174	-0.002	0.034
0.3-0.4	181	0.232	-0.010	0.047	173	0.273	0.009	0.062
0.4-0.5	189	0.295	-0.011	0.064	168	0.378	0.010	0.090
0.5-0.6	177	0.377	-0.014	0.086	171	0.432	0.010	0.102
0.6-0.7	183	0.359	-0.017	0.085	166	0.422	0.014	0.098
0.7-0.8	182	0.416	-0.020	0.102	175	0.386	0.004	0.093
0.8-0.9	181	0.356	-0.001	0.090	163	0.325	0.002	0.081
0.9-1.0	173	0.363	0.054	0.087	161	0.304	0.034	0.074
Tümü	1830	0.972	-0.017	0.666	1703	1.031	0.095	0.721



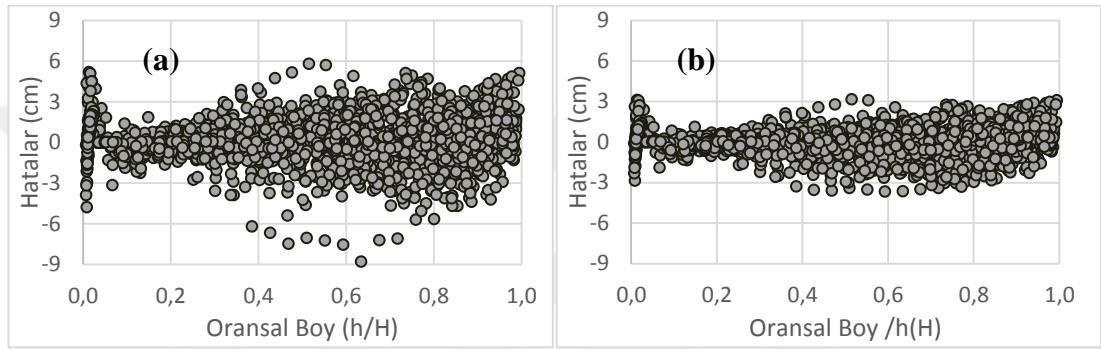
Şekil 15. Doğu Karadeniz Göknaarı (a) ve Doğu Ladini (b) için oransal boy sınıfları itibariyle sabit ve karışık etkili modelin SSE değerlerini

Yapılan incelemeler neticesinde gövde çapı modelleri içerisinde en başarılı model olan Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen model için, Doğu Karadeniz Göknaarı ağaçlarında oransal boy değerlerine göre hata değerlerinin 0.11-0.20 arasında en düşük değerlere sahip olduğu, 0.71-0.80 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 13 ve Şekil 15a). Doğu Ladini ağaç türünde ise oransal boy değerlerine göre hata değerlerinin 0.11-0.20 arasında en düşük değerlere sahip iken, 0.61-0.70 arasında ise en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 14 ve Şekil 15b).

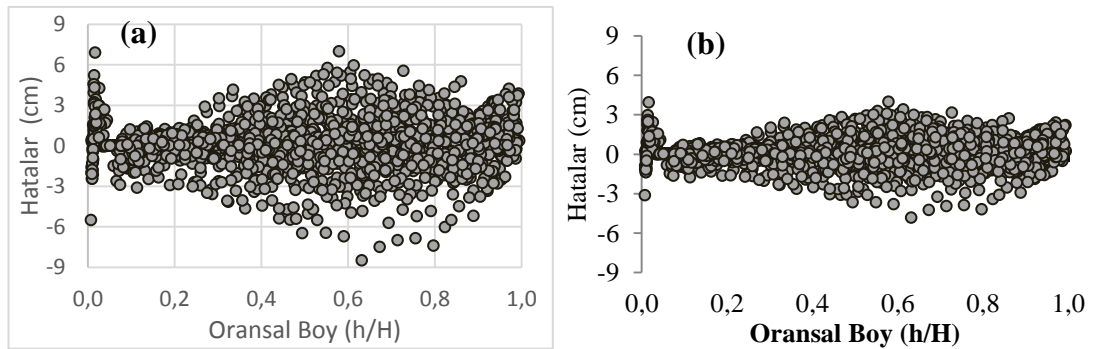
Bir Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaçlarının gövde formları incelendiğinde, göknar için ağaç boyunun yaklaşık % 70-80 ve ladin için ise boyun daha alt bölümü olan yaklaşık % 60-70'inde genel olarak dallanmanın başladığı görülmektedir. Dolayısıyla dallanmanın başladığı bu yüksekliklerde gövde şişkinliği gibi nedenlerle çap değerlerinin tahminlerindeki güvenilirlik azaltabilmektedir. Benzer bulgular oransal boy değeri farklı olmakla birlikte Kızılcım ağaç türü için Jiang ve ark. (2005), Özçelik ve Brooks (2012) ve Karaer (2014) tarafından ortaya konulmuştur.

Nonlinear ve karışık etkili modellere ilişkin nisbi boy-hata dağılımları, Doğu Karadeniz Göknaarı için Şekil 16'da ve Doğu Ladini için Şekil 17'de verilmiştir. Her iki ağaç türü için de, tüm nisbi boy değerlerinde tesadüfi etkili parametrelere sahip

model, nonlinear modele göre daha homojen bir hata varyansı yapısına sahiptir (Şekil 16 ve 17). Diğer bir ifadeyle, Şekil 16 ve 17’de görüleceği gibi, nonlinear modelde hata varyansı değerleri nisbi boy değerlerinin artmasına paralel olarak artış gösterirken, karışık etkili modelde ise sabit kalmaktadır. Daha önce farklı araştırmacılar tarafından yapılan benzeri çalışmalarda da aynı veya yakın sonuçlar elde edilmiştir (Trincado ve Burkhart 2006; Yang ve ark. 2009; Sharma ve Parton 2009; Özçelik ve ark. 2011; Özçelik ve Yaşar 2015; Şenyurt ve ark. 2017).



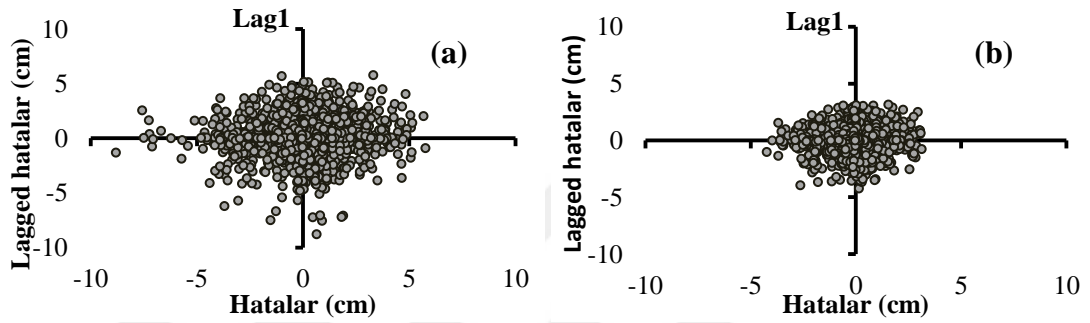
Şekil 16. Doğu Karadeniz Gökmarı ağaç türünde nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı



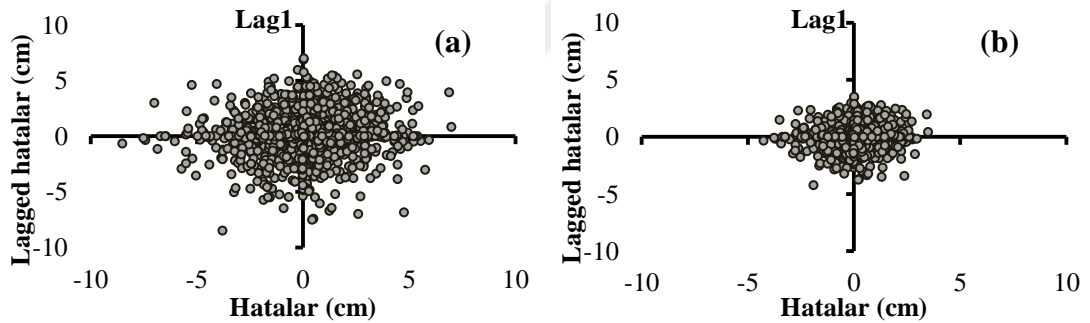
Şekil 17. Doğu Ladini ağaç türünde nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı

Lag için (Lag 1) hata otokorelasyonu Doğu Karadeniz Gökmarı için Şekil 18 ve Doğu Ladini için Şekil 19’da verilmiştir. Burada, her iki tür için de doğrusal olmayan regresyon modelde pozitif bir korelasyon gözlenmektedir (Şekil 18a ve 19a). Ancak, her iki tür için de modele tesadüfi etkili parametreler eklendikten sonra, hata ile ilişkili otokorelasyon problemin giderildiği görülmektedir (Şekil 18b ve 19b).

Trincado ve Burkhart (2006), Sharma ve Parton (2009), Gomez-Garcia ve ark. (2013), Özçelik ve Yaşar (2015), Ercanlı (2015), Şenyurt ve ark. (2017) ve Zhang ve ark. (2017) gibi araştırmacılar da bu konuda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Modellerin hataları (SEE), nonlinear regresyon modeline göre mixed-effects model için Doğu Karadeniz Göknaarı ağaç türünde 1.700 cm'den 0.973 cm'ye ve Doğu Ladini ağaç türünde ise 1.814 cm'den 1.032 cm'ye düşmüştür.



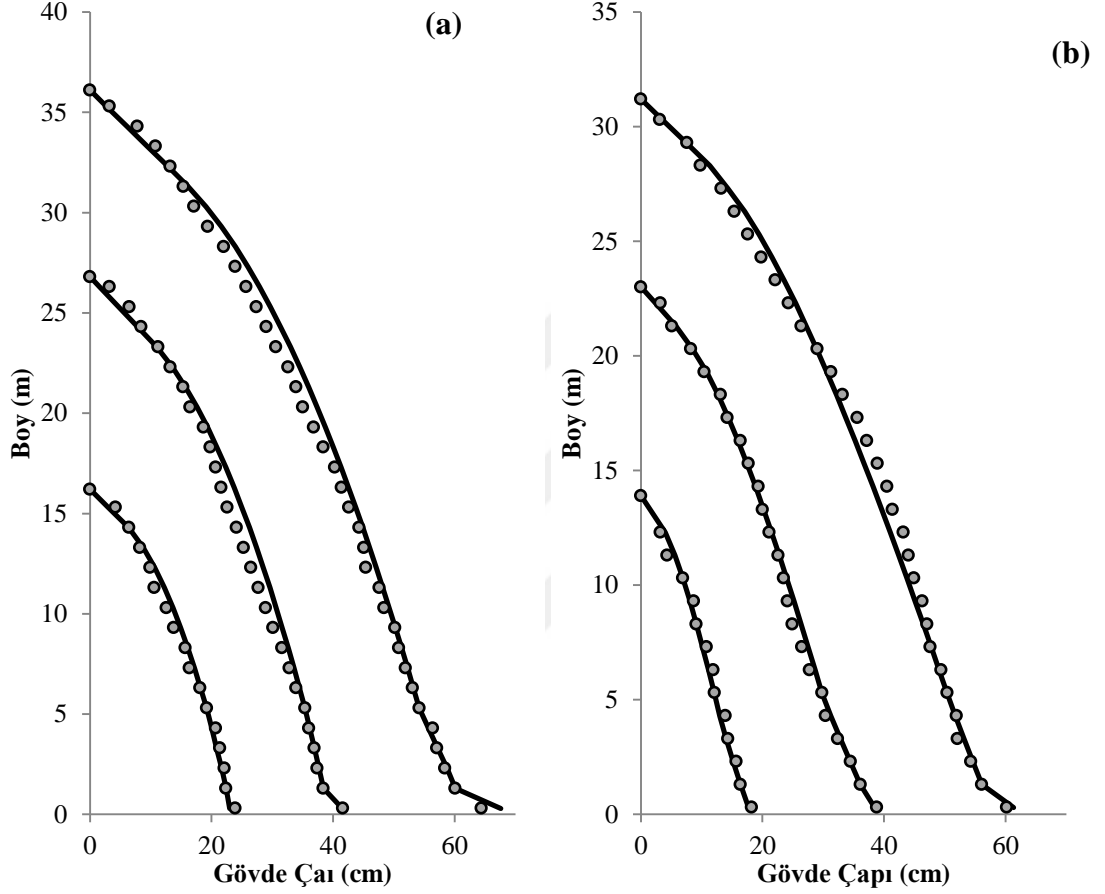
Şekil 18. Doğu Karadeniz Göknaarı ağaç türünde sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için Lag-hata otokorelasyonu grafiği



Şekil 19. Doğu Ladini ağaç türünde sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için Lag-hata otokorelasyonu grafiği

Jiang ve ark. (2005) uyumlu gövde çapı modelinin nonlinear karışık etkili regresyon parametreleri kullanılarak gövde çapı tahminlerine örnek olması amacıyla ince, orta ve büyük çap sınıflarından üç ağaç için gövde çapı tahminlerine ilişkin grafiksel sonuçlar Şekil 20'de verilmiştir. Göğüs çapı bakımından ince, orta ve kalın ağaçları temsilen seçilen bu ağaçların çapları sırasıyla, Göknaar ağaçları için 22.4, 38.4 ve 60.1 cm ve ladin ağaçları için 18.2, 36.1 ve 56.1 cm iken boyları ise sırasıyla Göknaar ağaçları için 16.2, 26.8 ve 36.1 m ve ladin ağaçları için 13.9, 23.0 ve 31.2 m'dir. Şekil 20'de de görüleceği üzere, karışık etkili model hem Doğu Karadeniz Göknaarı ve hem de Doğu Ladini ağaçlarının gövde şeklini tanımlamakta başarılıdır. Gövde çapı modelinin karışık etkili modelleme ile elde edildiği önceki çalışmalarda da

benzer sonuçlar elde edilmiştir (Trincado ve Burkhart 2006; Yang ve ark. 2009; Sharma ve Parton 2009; Li ve Weiskittel 2010; Subedi ve Sharma 2011; Gomez-Garcia ve ark. 2013; Chiu ve ark. 2015; Özçelik ve Yaşar 2015; Şenyurt ve ark. 2017).



Şekil 20. Doğu Karadeniz Göknaarı (a) ve Doğu Ladini (b) için tesadüfi etkili parametrelere (b_3 ve b_4) sahip modeller kullanılarak üç ağaç için gövde şekli eğrileri

Jiang ve ark. (2005)'in denklemine ilişkin tahminlerin tutarlılığı ve doğruluğu, örneklerin alındığı Aradanauç yöresi Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcereleri için uygun olup olmadığı, denklemin oluşturulmasında kullanılmamış olan yaklaşık % 20 bağımsız veri grubu ile de denetlenmiştir. Bu amaçla Doğu Karadeniz Göknaarı için 22 örnek ağaçtaki 451 gövde çapı ve Doğu Ladini için ise 22 örnek ağaçtaki 466 gövde çapı ölçümü kontrol verisi olarak kullanılmıştır. Hem Doğu Karadeniz Göknaarı (kontrol verileri için $Z= 1.066$ ve $p=0.206$; tahmin verileri için ise $Z= 1.178$ ve $p=0.125$) hem de Doğu Ladini (kontrol verileri için $Z= 1.319$ ve

$p=0.062$; tahmin verileri için ise $Z= 1.085$ ve $p=0.189$) gövde çaplarının kontrol ve tahmini kontrol verileri normal dağılmaktadır. Modelde yapılan karşılaştırmada varyansların hem Doğu Karadeniz Göknaarı (Jiang modeli için; $F=0.00001493$, $p=0.997$) ve hemde Doğu Ladini için homojen olduğu (Jiang modeli için; $F=0.068$, $p=0.794$) belirlenmiştir. Her iki ağaç türü için de modellerin grup varyansları homojen olduğundan parametrik testlerden “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired samples t test)” kullanılarak tahmini ve aktüel çap artımları karşılaştırılmıştır. Doğu Karadeniz Göknaarı için t testinin $t= -1.270$ ve $p= 0.205$ ve Doğu ladini için ise $t= 0.775$ ve $p= 0.439$ olarak hesaplandığından, her iki ağaç türü için de ölçülen çap değerleri ile tahmini çap değerleri arasında istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir. Bu bakımdan, bu çalışmada belirlenen gövde çapı denkleminin, örnek ağaçların seçildiği Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcereleri için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır

3.5.Gövde Hacmine İlişkin Bulgular

Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinden geliştirilen gövde hacim modelinin çeşitli model başarı ölçüt değerleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Toplam gövde hacmi için Jiang ve ark. (2005) gövde hacmi modelinin çeşitli başarı ölçütleri

Ağaç Türü	Tahminin Standart Hatası SEE	Ortalama Hata (\bar{E})	Ortalama Mutlak Hata \bar{E}
Göknaar	0.1048	-0.0171	0.0609
Ladin	0.1285	-0.0238	0.0653

Tablo 15’de de görüleceği üzere, Jiang ve ark. (2005) gövde hacim modelinin standart hata, ortalama hata ve ortalama mutlak hataları Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini için sırasıyla, 0.1048 ve 0.1285 m³, -0.0171 ve -0.0238 m³ ve 0.0609 ve 0.0653 m³ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada her iki ağaç türü için denenen tek girişli (Tablo 16) ve çift girişli (Tablo 17) ağaç hacim denklemlerinin çeşitli başarı istatistikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 16. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri

Modeller	Doğu Karadeniz Göknarı				Doğu Ladini			
	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
Hohenadl-Krenn	0.940	0.360	-0.0002	0.219	0.951	0.273	0.0001	0.156
Kopezky-Gehrhardt	0.933	0.382	0.0006	0.252	0.949	0.282	-0.0006	0.179
Dissescu-Meyer	0.939	0.356	0.1410	0.234	0.952	0.267	0.0044	0.163
Berkhout(Üssel)	0.982	0.178	0.0029	0.211	0.981	0.172	0.0047	0.157

Tablo 17. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri

Modeller	Doğu Karadeniz Göknarı				Doğu Ladini			
	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $	R_{adj}^2	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
Schumacher-Hall	0.988	0.164	-0.0077	0.101	0.992	0.110	-0.0002	0.069
Schumacher-Hall	0.988	0.165	0.0060	0.103	0.992	0.110	-0.0034	0.070
Naslund	0.988	0.591	-0.4519	0.452	0.992	0.137	-0.0666	0.091
Spurr	0.985	0.182	0.0166	0.111	0.990	0.126	0.0462	0.090
Spurr	0.985	0.179	-0.0077	0.110	0.990	0.123	0.0126	0.085
Meyer	0.988	0.668	-0.5820	0.582	0.993	0.267	-0.2213	0.222
Takata	0.987	0.168	-0.0067	0.100	0.992	0.114	0.0037	0.072
Prodan	0.996	0.170	0.0030	0.100	0.992	0.113	0.0059	0.070
Ogaya	0.985	0.184	0.0323	0.110	0.989	0.131	0.0185	0.081

Yapılan değerlendirmeler sonucunda her iki ağaç türü için de en iyi tek girişli ağaç hacim denklemi Berkhout tarafından geliştirilen üssel modeli olmuştur (Tablo 16). Her iki ağaç türü için en başarılı tek girişli ağaç hacim denklemleri ve denklemlerin istatistiki değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Doğu Karadeniz Göknarı} \quad V = 0,000116 d^{2,565811} \quad (35)$$

$$\text{Doğu Ladini} \quad V = 0,000143 d^{2,482109} \quad (36)$$

Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerinin belirtme katsayıları 0.982 ve 0.981 olup standart hataları 0.178 ve 0.172 m³, ortalama hataları 0.0029 ve 0.0047 m³ ve ortalama mutlak hataları ise 0.211 ve 0.157 m³'dür. Diğer taraftan Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerinin sırasıyla ortalama mutlak hata yüzdeleri sırasıyla, %14.744 ve %

13.902 olarak elde edilirken, toplam hata yüzdeleri ise % 0.205 ve % 0.420 olarak elde edilmiştir.

Tablo 17’de de görüleceği üzere her iki ağaç türü için de en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemi Schumacher-Hall tarafından geliştirilen 23 nolu eşitliktir (Tablo 17). Her iki ağaç türü için en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemleri ve denklemlerin istatistiki değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Doğu Karadeniz Göknarı} \quad V = 0,000072 d^{1,687455} h^{1,167349} \quad (37)$$

$$\text{Doğu Ladini} \quad V = 0,000051 d^{1,781451} h^{1,144889} \quad (38)$$

Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini Çift girişli ağaç hacim denklemlerinin belirtme katsayısı 0.988 ve 0.992 olup standart hataları 0.164 ve 0.110 m³, ortalama hataları -0.0077 ve 0.0002 m³ ve ortalama mutlak hataları ise 0.101 ve 0.069 m³’dür. Diğer taraftan Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerinin sırasıyla ortalama mutlak hata yüzdeleri sırasıyla, % 7.040 ve % 6.103 olarak elde edilirken, toplam hata yüzdeleri ise % -0.536 ve % -0.014 olarak elde edilmiştir.

Elde edilen toplam hata yüzdelerinin % 1’den daha düşük ve ortalama mutlak hata yüzdelerinin ise %10’dan daha düşük olması önerilmektedir (Bruce, 1920; Chapman ve Meyer, 1949; Loetsch ve ark., 1973; Husch, 1963; Özer ve Uğurlu, 1977; Çevik, 1993). Diğer bir değerlendirme de ortalama mutlak hata yüzdesinin ise iyi ağaç hacim tablolarında genellikle \pm % 8’in altında olduğu belirtilmektedir (Chapman ve Meyer, 1949).

Bu çalışma kapsamında üretilen tek girişli (ortalama mutlak hata yüzdeleri hariç olmak üzere) ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin toplam hata ve ortalama mutlak hata yüzdelerinin, kabul edilen hata sınırlarını aşmadığı görülmüştür. Bu da bu modellerin kabul edilebilir olduklarını ve çalışma alanlarındaki meşcerelerdeki ağaçların hacimlerinin doğruya yakın tahmin edilebileceklerini göstermektedir. Diğer taraftan çift girişli ağaç hacim denklemlerinin tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Bu denklemlere göre Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Ladini ağaç türleri için geçerli olacak şekilde tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablosu Ek Tablo 1 ve 2’de verilmiştir.

Ağaç hacim denklemlerinin örneklerin alındığı meşçereye uygunluğu uygunluğu, denklemlerin oluşturulmasında kullanılmayan bağımsız bir veri grubu ile yapılmaktadır (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Laar ve Akça, 2007). Bu çalışmada toplam örnek ağaç sayısının %20’sini (her iki ağaç türü için de kontrol ağaç sayısı 22 adet) oluşturan örnek ağaç bu amaçla seçilmiştir (Göknar için Tablo 2 ve Ladin için Tablo 3). Bu çalışmada, kontrol grupların örnek sayıları 30 adetten düşük olduğu (her iki ağaç türü için de 22 adet) için “Wilcoxon Testi” ile karşılaştırma yapılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). İlgili test “SPSS” adlı paket bir program yardımıyla uygulanmıştır.

Wilcoxon Testi sonuçlarına göre her iki ağaç türü için hem tek girişli ağaç hacim denklemleri (Göknar için $Z=-1.153$, $p>0.05$ ($p=0.249$) ve Ladin için $Z=-0.601$, $p>0.05$ ($p=0.548$)) hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri (Göknar için $Z=-0.122$, $p>0.05$ ($p=0.903$) ve Ladin için $Z=-1.102$, $p>0.05$ ($p=0.271$)) ile tahmin edilen hacim değerleri ve arazide ölçülen hacim değerleri arasında $\alpha=0.05$ önem düzeyi ile istatistiksel olarak bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Her iki ağaç türü için de geliştirilen hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bu denklemlerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı meşçerelere uygun olduğu söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında her iki tür için geliştirilen Jiang ve ark. (2005) denklemi, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri daha önce geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır. Miraboğlu (1955) ve Saraçoğlu (1986) tarafından Doğu Karadeniz Göknarı ve Uludağ Göknarı ağaç türleri için (ince çaplı ağaçlar için, $d_{1.30}<16$ cm geliştirilmiştir) ortak bir ağaç çift girişli ağaç hacim denklemi-tablosu, Sun ve ark. (1978) tarafından ise ülkemizdeki tüm Göknar meşçereleri için geçerli çift girişli ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir. Ayrıca, Asan (1984) tarafından Çanakkale-Balıkesir yörelerinde Kazdağı Göknarı için ve Bozkuş ve Carus (1997) tarafından ise Akdeniz Bölgesindeki Toros Göknarı için çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Ülkemizdeki Doğu Ladimi meşçereleri için geliştirilen ağaç hacim denklemleri: Akalp (1978a) ve Sun ve ark. (1978) tarafından çift girişli

ağaç hacim denklemleri, Ercanlı (2003) tarafından Artvin Orman İşletme Şefliği yöresi için tek girişli ağaç hacim denklemi ve Ercanlı (2010) tarafından Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlüklerindeki Sarıçam-Doğu Ladini karışık meşcerelerindeki Doğu Ladini ağaçları için hem tek hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Ağaç hacim karşılaştırmaları Doğu Karadeniz Gökarnı için Tablo 18 ve Şekil 21 ve Doğu Ladini için ise Tablo 19 ve Şekil 22’de verilmiştir.

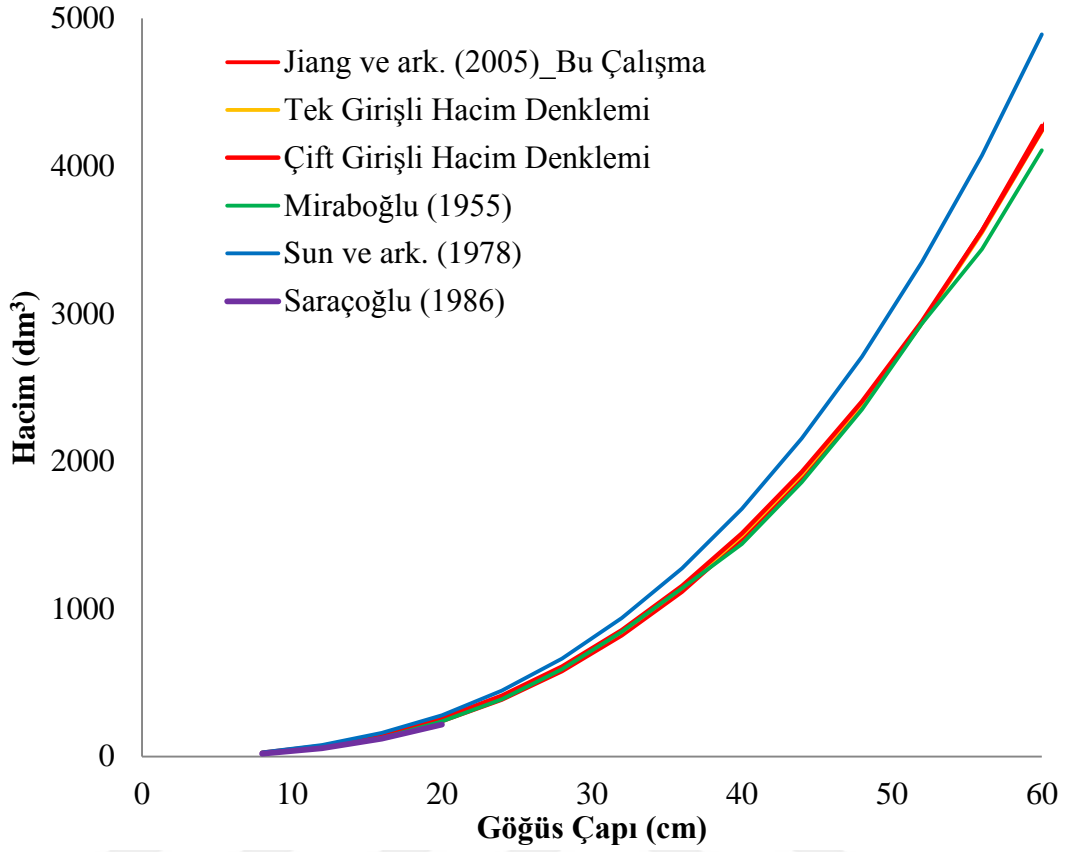
Tablo 18. Doğu Karadeniz Gökarnı için hacim tablolarının karşılaştırılması

Denklemler	SEE	$ \bar{E} $	\bar{E}	(% $ \bar{E} $)	(% \bar{E})
Jiang ve ark. (2005)	0.105	0.061	-0.017	4.25	-1.15
Tek girişli-Bu çalışma	0.354	0.211	0.003	14.74	0.21
Çift girişli-Bu çalışma	0.164	0.101	-0.008	7.04	-0.54
Miraboğlu (1955)	0.169	0.103	0.030	7.20	2.11
Sun ve ark. (1978)	0.450	0.231	-0.218	16.11	-15.24
Saraçoğlu (1986)	0.199	0.128	0.083	8.96	5.76

Tablo 18’den görüleceği üzere Doğu karadeniz Gökarnı için, toplam hata ve ortalama mutlak hata yüzdelерinin her ikisinde dikkate alındığında Schumacher-Hall çift girişli ağaç hacim denkleminin en başarılı olduğu söylenebilir. Diğer taraftan, Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen denklem ile yapılan gövde hacim tahminleri en hatalı sonuçları vermektedir. Doğu Ladini ağaç türü için en başarılı tahminler Schumacher-Hall çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edildiği görülmektedir (Tablo 19). Hacim denklemleri-tablolarının grafiksel karşılaştırmaları Doğu Karadeniz Gökarnı için Şekil 21 ve Doğu Ladini için ise Şekil 22’ verilmiştir.

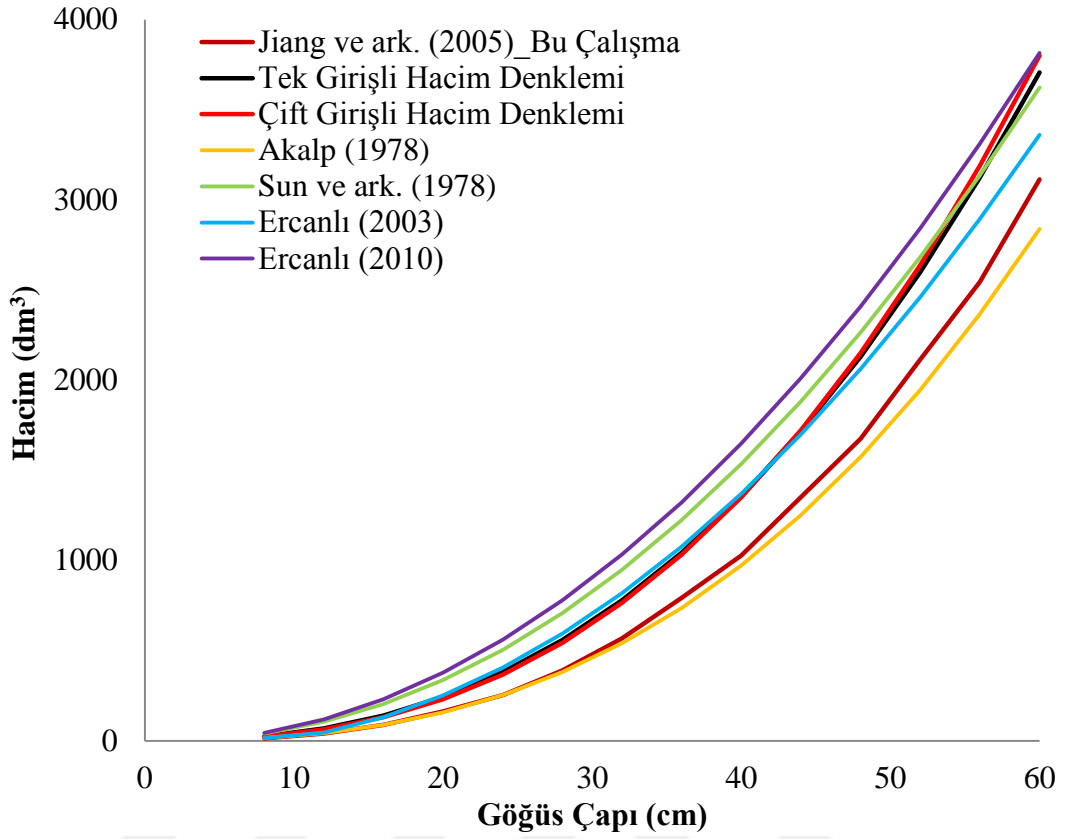
Tablo 19. Doğu Ladini için hacim tablolarının karşılaştırılması

Denklemler	SEE	$ \bar{E} $	\bar{E}	(% $ \bar{E} $)	(% \bar{E})
Jiang ve ark. (2005)	0.129	0.065	-0.024	5.73	-2.09
Tek girişli-Bu çalışma	0.290	0.157	0.005	13.92	0.42
Çift girişli-Bu çalışma	0.110	0.069	-0.002	6.10	-0.01
Akalp (1978)	0.172	0.112	0.066	9.83	-5.75
Sun ve ark. (1978)	0.218	0.156	-0.092	13.69	-8.09
Ercanlı (2003)	0.300	0.151	0.046	13.27	4.06
Ercanlı (2010)	0.337	0.251	-0.179	22.05	-15.72



Şekil 21. Doğu Karadeniz Gökarnı için hacim eğrilerinin karşılaştırması

Şekil 21 de de görüleceği üzere Doğu Karadeniz Gökarnı için, bu çalışma kapsamında hesaplanan üç farklı hacim değerlerinin eğrileri (Jiang ve ark. (2005) denklemi, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri) genel itibariyle birbirine benzemektedir. Sun ve ark. (1978) tarafından geliştirilen denklemin değerleri genel itibariyle diğerlerine göre daha yüksek hacimler vermektedir. Jiang ve ark. (2005), tek girişli ağaç hacim denklemi, çift girişli ağaç hacim denklemi, Miraboğlu (1955) denklemi ve Sun ve ark. (1978) denkleminin 60 cm göğüs çapı ve 33 m boyundaki bir ağaç için hacim değerleri sırasıyla 4273, 4235, 4243, 4206 ve 4852 dm³ olarak elde edilmiştir.



Şekil 22. Doğu Ladini için hacim eğrilerinin karşılaştırması

Şekil 22 de de görüleceği üzere Doğu Ladini için, bu çalışma kapsamında hesaplanan üç farklı hacim değerleri değerlendirildiğinde, genel itibariyle Jiang ve ark. (2005) denklemi değerleri en düşük, çift girişli ağaç hacim denklemi değerleri en yüksek değerlere sahiptir. Doğu Ladini için, Ercanlı (2010) denklemi ile elde edilen hacim değerleri genel itibariyle en yüksek, Akalp (1978) denklemi ile elde edilen hacim değerleri ise en düşük hacim değerlerine sahiptir. Jiang ve ark. (2005), tek girişli ağaç hacim denklemi, çift girişli ağaç hacim denklemi, Akalp (1955) denklemi, Sun ve ark. (1978) denklemi, Ercanlı (2003) denklemi ve Ercanlı (2010) denkleminin 60 cm göğüs çapı ve 31 m boyundaki bir ağaç için hacim değerleri sırasıyla 3113, 3706, 3801, 2839, 3622, 3361 ve 3816 dm³ olarak elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Artvin-Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcereleri için karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak uyumlu gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Ağaçların gövde çapını modellemek üzere, Demaerschalk (1972), Demaerschalk (1973), Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987), Fang ve ark. (2000) ve Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen altı adet uyumlu gövde çap modelleri kullanılmıştır.

Her iki ağaç türü için Jiang ve ark. (2005) tarafından geliştirilen modelin, gövde çapı gelişimini modellemede en başarılı model olduğu belirlenmiştir (Tablo 8). Jiang ve ark. (2005)'in modeli, birçok çalışmada gövde çapı ve gövde hacminin modellenmesinde başarılı sonuçlar vermiştir. Gövde çapının modellenmesinde Jiang ve ark. (2015) gövde çapı modeli kullanılarak, düzeltilmiş belirtme katsayıları (R_{adj}^2), Tahminin standart Hata (SEE) değerleri sırasıyla Jiang ve ark. (2005) %98.37 ve 1.2798 cm, Li ve Weiskittel (2010), Balsam fir ağaç türü için % 98.4 ve 0.7505, Red spruce ağaç türü için %98.2 ve 0.8517 cm ve White pine ağaç türü için %97.2 ve 1.4205 cm, Özçelik ve Bal (2013) %98.13 ve 1.3848 cm, Atalay (2014) %94.44 ve 2.2029 cm, Kurt (2014) % 98.43 ve 0.9843 cm, Kumaş ve Kahrıman (2015) %97.7 ve 1.6302 cm, Doyog ve ark. (2017) %92.6 ve 2.4190 cm ve Şenyurt ve ark. (2017) %97.6 ve 1.4755 cm olarak elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılan Jiang ve ark. (2005) modeli ile, Göknaar ağaç türü için gövde çapı tahminindeki varyansın % 98.7'sinin ve Ladin ağaç türü için ise % 98.3'ünün açıklayabildiği görülmektedir (Tablo 8). Yapılan çalışma sonrası elde edilen en başarılı gövde çapı denkleminin SSE değerleri de Göknaar için 1.700 ve Ladin için 1.814 cm olarak elde edilmiştir.

Hiyerarşik veri yapısı ile geliştirilen modellerde otokorelasyon ve hata varyansı dağılımının homojen olmaması gibi önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Geleneksel regresyon modellerinde oluşabilen ve giderilemeyen otokorelasyon ve hata varyansı dağılımının homojen olmaması sorunu, karışık etkili modelleme sayesinde giderilebilmektedir. Bu sorunların giderilmesi karışık etkili modellerin geleneksel regresyon modellerinde göre en önemli avantajı ve üstünlüğü olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada da, karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak

otokorelasyon problemi hemen hemen ortadan kaldırılmış ve hata varyansı dağılımı tüm nisbi boy sınıfları için homojen bir yapıya dönüştürülmüştür. Bu çalışmada her iki tür için de modele tesadüfi etkili parametrelerin eklenmesinden sonra, hata ile ilişkili otokorelasyon problemin giderildiği (Şekil 18b ve 19b) ve tüm nisbi boy değerlerinde tesadüfi etkili parametrelere sahip modelin daha homojen bir hata varyansı yapısına sahip (Şekil 16b ve 17b) olduğu görülmektedir. Ayrıca Karışık Etkili model yaklaşımının SSE değerlerinin, nonlinear regresyon modeline göre Doğu Karadeniz Göknaarı ağaç türünde 1.700 cm'den 0.973 cm'ye ve Doğu Ladini ağaç türünde ise 1.814 cm'den 1.032 cm'ye düşmesi diğer önemli bir başarıdır (Tablo 11).

Kalibre edilen modeller, daha doğru, tutarlı ve güvenilir tahminler elde edilmesi imkanlarını sağlamaktadır (Trincado ve Burkhart 2006; Yang ve ark. 2009; Cao ve Wang 2011). Bu çalışmada 12 farklı kalibrasyon seçenekleri içinde en iyi tahmin sonuçları, Göknaar ağaç türü için ağaçların orta bölgesindeki beş adet ve Ladin ağaç türü için ise ağaçların dip kısmındaki dört çapın ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneği ile elde edilmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da gövdenin değişik yüksekliklerindeki tek çap, iki çap, üç çap, dört çap veya beş çap değeri kullanılarak kalibrasyon yanıtları analiz edilmiştir (Trincado ve Burkhart 2006, Yang ve ark. 2009; Lejeune ve ark. 2009; Sharma ve Parton 2009; Özçelik ve ark. 2011; Gómez-García ve ark. 2013; Şenyurt ve ark. 2017).

Bütün bu değerlendirmeler sonucunda, Artvin-Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinde her iki ağaç türü için de doğrusal olmayan karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak gövde çapı tahminlerinin başarılı ve doğru bir şekilde yapılabileceği saptanmıştır. Diğer taraftan, gövde çapı tahminlerindeki başarı doğrudan hacim tahminlerini etkilemektedir. Çünkü ormancılık uygulamaları ve çalışmalarında ağaçların göğüs çaplarının doğru tahmin edilmesinden ziyade ağaç hacminin doğru olarak belirlenmesi daha önemlidir. Bununla birlikte, bir yöredeki herhangi bir ağaç türü için ağaç hacminin pratik olarak elde edilmesi her zaman uygulayıcı tarafından daha ön planda tutulmaktadır. Karışık yapıda olan bir gövde hacim modeli ile ağaç hacminin belirlenmesinden ziyade çift girişli ağaç hacim denklemi ve özellikle tek girişli ağaç hacim denklemini tercih edebilirler. Bu yüzden gövde hacim modellerinin uygulayıcı tarafından kullanılması

için ağacın çapını ve boyunu ölçtüğü zaman, bu verileri rahat bir şekilde girip ağaç hacmini kolaylıkla elde edebileceği arayüz programlarının da yazılması ve uygulayıcıya sunulması gerekmektedir. Burada şu unutulmamalıdır: gövde hacim modelleri ortalama hata ve ortalama mutlak hata yüzdesi açısından önemli oranda ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı ise tercihen kullanılmalıdırlar.

Bu çalışma kapsamında ayrıca hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda her iki ağaç türü için de en iyi tek girişli ağaç hacim denklemleri üssel (Power) modeli olmuştur (Tablo 16). Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerinin belirtme katsayıları sırasıyla 0.982 ve 0.981 olarak elde edilmiştir. Her iki ağaç türü için de en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemleri Schumacher-Hall denklemleri ile elde edilmiş olup (Tablo 17), Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini için belirtme katsayıları sırasıyla 0.988 ve 0.992 olarak elde edilmiştir. Diğer taraftan, her iki ağaç türü için de geliştirilen hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bu denklemlerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı Aradanaç yöresindeki meşcerelere uygun olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akalp, T., 1978b. Anamorfik ve Polimorfik Yöntemlerle Bulunmuş Bonitet Eğrilerinin Karşılaştırılması. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. Seri A, Sayı 1, 213-232 s.
- Akalp, T., 1983. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu. İÜ Yayın No:3051, Orman Fakültesi Yayın No: 327, İstanbul, 169 s.
- Alemdağ, İ.Ş., 1961. Türkiye'deki Ladin+Sarıçam Meşcerelerinin Kuruluşları, Ağaç Servetleri ve Tecessümleri Üzerine Bazı Müdahaleler. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 3, 7, 25-37.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara, s.160.
- Alemdağ, İ.Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160s.
- Allen, P.J., 1993. Average Stem Profile Comparisons for Tree Size Classes of Caribbean Pine, Canadian Journal of Forest Research, 23, 2594-2598.
- Anonim, 1998. Başlıca Ağaç Türleri İçin Değişik Dönemlerde Çıkarılan Amenajman Yönetmeliklerinde ve Orman Genel Müdürlüğü Olurları'nda Verilen ve Amenajman Planlarında Kullanılan İdare Süreleri, 20.7.1998 Gün ve AS.1.A-1-4/20 2829 Nolu Tamim.
- Anonim, 2006. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim. 2008. Orman Amenajmanı Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 141 s.
- Anonim, 2015. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, Artvin.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 2006. Tohumlu Bitkiler (*Spermatophyta*) Odunsu Taksonlar. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No 167/19, Tranzon.
- Arias-Rodil, M., Castedo-Dorado, F., Cámara-Obregón, A., Diéguez-Aranda, U., 2015a. Fitting and Calibrating a Multilevel Mixed-Effects Stem Taper Model for Maritime Pine in NW Spain. PLoS ONE 10 (12): e0143521. doi:10.1371/journal.pone.0143521.
- Arias-Rodil, M., Diéguez-Aranda, U., Puerta, F. R., López-Sánchez, C. A., Líbano, E. C., Obregón, A. C., ve Castedo-Dorado, F., 2015b. Modelling and

- localizing a stem taper function for *Pinus radiata* in Spain, *Can. J. For. Res.* 45: 647–658.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers Et Sinten) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi, 3205/365, İstanbul. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Cilt 43, Sayı 1-2, s. 31-44, İstanbul.
- Asan, Ü., 1998. Fonksiyonel Planlamada İdare Süreleri ve Amaç Çapları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 48(1-2-3-4): 23-40.
- Ata, C., 1995. Silvikültür Tekniği, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Yayın No: 4/3, Bartın.
- Atalay, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Gövde Profil Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Atay, İ., 1982. Doğal Gençleştirme Yöntemleri I (Doğal Gençleştirmenin Başarısını Etkileyen Önemli Hususlar), İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 2876/306, İstanbul.
- Aykın, R. 1978. Ardıç Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacim Tablosu, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı: 1, Ankara.
- Bal, C., 2012. Karaçam İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklemlerinin Geliştirilmesinde Tepe Tacı Değişkenlerinin Kullanılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 61s.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Hacim ve Bonitet Endeks Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 52 s.
- Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 55 s.
- Behre, C.E. 1923. Preliminary notes on the study of tree form. *J. of For.* 21:507-511.
- Benbrahim, M., ve Gavaland, A., 2003. A new stem taper function for short-rotation poplar. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18, 377383.
- Bennet, F. A. ve Swindel, B. F. 1972, Taper curves for planted slash pine. USDA Forest Service Research Note SE-179, 4 s.
- Bennet, F. A., Lloyd, F. T., Swindel, B. F., Whitehorn, E. Nisson W. 1978. Yields of veneer and associated products from unthinned, old-field plantations of slash pine, in the North Florida and South Georgia Flatwoods (Research Paper SE-176). USDA Forest Service.
- Bueno, S.W., ve Bevilacqua, E., 2012. Nonlinear mixed model approaches to estimating merchantable bole volume for *Pinus occidentalis*. *iForest*, 5: 247-254.

- Bi, H., 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalyptus. For. Sci. 46: 397-409.
- Biging, G. S., 1984. Taper equations for second-growth mixed conifers of northern California. Forest Science, 30, 1103-1117.
- Birler, A. S., Usta, H. Z. ve Yüksel Y. 1983. Karakavaklar İçin Hacim Tablosu. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 19, s. 153-168, İzmit.
- Birler, A.S, Koçar, S., Avcıoğlu, E., Diner, A., Gürses, K. ve Gülbaba, A.G., 1995. Ökalyptus Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, No: 66.
- Bozkuş. H.F. ve Carus. S., 1997. Toros Gökürü (Abies cilicica Carr.) ve Sedir (Cedrus libani Link.)'in Çift Girişli Gövde Hacim Tabloları ve Mevcut Tablolarla Karşılaştırılması. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 47, 1, 51-70.
- Brooks, J. R., Jiang, L. ve Clark, A. III., 2007. Compatible Stem Taper, Volume, and Weight Equations for Young Longleaf Pine Plantations in Southwest Georgia, South. J. Appl. For. 31(4), 187-191.
- Brooks, J. R., Jiang, L. ve Özçelik, R. 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian Pine, Caedar oflebanon, and Cilicica Fir in Turkey. Forest Ecology and Management, 256,147-151.
- Bruce, D. 1920. A proposed standardisation of the checking of volume tables. Jour. For., 18 = 5Jf9 - 557 (original not seen; quoted from forest mensuration and statis- tics by B. Husch, 1963).
- Bruce D., Curtis R ve Vanndevering C., 1968. Development of system of taper and volume tables for res alder. forest science, 14, 339-3350.
- Bryne, J. ve Reed, D.D., 1986. Complex compatible taper and volume estimation system for red and loblolly pine. forest science, 32, 2, 423-443.
- Burkhart, H. E. 1977. Cubic foot volume of Loblolly pine to any merchantable top limit. Southern Journal of Applied Forestry, 1 7-9.
- Cao, Q. V., Burkhart, H. E., Max, T. A., 1980. Evaluating of Two Methods for Cubic-Volume Prediction Of Loblolly Pine to Any Merchantable Limit, Forest Science, 2, 1, 71-80.
- Cao, Q.V., Wang, J., 2011. Calibrating fixed- and mixed-effects taper equations. Forest Ecology and Management, 262, 671-673.
- Calama, R., Montero, G., 2006. Stand and tree-level variability on the stem form and tree volume in Pinus pinea L.: A multilevel random components approach. Forest Systems, 15, 24-41.
- Carus, S., 1998. Aynı Yaşlı Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky) Ormanlarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 356 s.
- Carus, S. ve Su, Y., 2014. Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılçam Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut

- Tablolar ile Kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, Isparta, s. 574-584.
- Carus, S., Memiş, İ., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ağaçlandırması için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi, Turkish Journal of Forestry, 17(1): 37-42.
- Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio, M., Sánchez, M. and von Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northeastern Spain . For.Ecol.Manage. 229:202-213.
- Cervera, J., 1973. El área basimétrica reducida, el volumen reducido y el perfil. Montes 174:415-418.
- Chapman, H.H. ve Meyer, W.H., 1949. Forest Mensuration, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Chiu, C. M., Chien, C. T., Nigh, G., 2015. A comparison of three taper equation formulations and an analysis of the slenderness coefficient for Taiwan incense cedar (*Calocedrus formosana*), Australian Forestry, 78 (3): 159-168.
- Clark, A., Souther, R. A. ve Schlaegel, B.E., 1991. Stem Profile Equations For Southern Tree Species. USDA Forest Service Research Paper, SE-282.
- Clutter, J.L. 1980. Development of taper functions from variable top merchantable volume equations. For. Sci. 26:117-120.
- Coffre, M., 1982. Modelos fustales. Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile. p 44.
- Crecente-Campo, F., Soares, P., Tomé, M. ve Diéguez-Aranda, U., 2010. Modelling Annual Individual-Tree Growth and Mortality of Scots Pine With Data Obtained at Irregular Measurement Intervals and Containing Missing Observations, Forest Ecology and Management 260, 1965-1974.
- Cruz-Cobos, F., Santos-Posadas, H. M., ve Valdez-Lazalde, J. R., 2008. Compatible Taper-Volume System For *Pinus Cooperi* Blanco In Durango, México, Agrociencia 42: 473-485.
- Czaplewski, R. L. ve McClure, J. P., 1988. Conditioning a segmented stem profile model for two diameter measurement. Forest Science, 34, 2, 512-522.
- Çalışkan, A., 1989. Karabük Büyükdüz Araştırma Ormanında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) - Gökmar (Abies bornmülleriana Matff.) - Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Karışık Meşcerelerinde Büyüme İlişkileri ve Gerekli Silvikültürel İlişkiler. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde Artım ve Büyüme, (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y. ve Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük Yöresi Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 78-90.

- Çevik, İ., 1993. Boşaltma Aşamasına Gelmiş Kızılçam Meşcerelerinde Dikili Ağaç Hacminin Belirlenmesi, Orman Bakanlığı, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten No:6.
- Demaerschalk, J. P., 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. *Forest Science*, 18, 241-245.
- Demaerschalk, J. P. 1973. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. *Canadian Journal of Forest Research*, 3, 9094.
- Demaerschalk, J. P. ve Kozak, A., 1977. The whole-bole system, a conditional dual-equation system for precise prediction of tree profiles. *Canadian Journal of Forest Research*, 7, 488-497.
- Demirci, A., 1991 Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Karışık Meşcerelerinin Gençleştirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 223 s.
- Diéguez – Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., ve Rojo A., 2006. Compatible taper function for Scots pine plantations in Northwestern Spain. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1190–1205. DOI:10.1139/X06-008.
- Dirican, O., 2017. Bucak yöresi doğal sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) karışık meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Durkaya, B., 2004. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerinde Artım-Büyüme İlişkileri. Doktora tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 226 s.
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. OGM Yayınları, Ankara, Sıra No: 132, Seri No:13, 250 s.
- Ercanlı, İ., 2003. Artvin Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisindeki Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Meşcerelerinde Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 103 s.
- Ercanlı, İ., 2010. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 351 s.
- Ercanlı, İ., 2015. Nonlinear mixed effect models for predicting relationships between total height and diameter of oriental beech trees in Kestel, Turkey, *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1),185-202.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A. ve Altun, L., 2008. Sinop Yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarına İlişkin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 14-25.

- Ercanlı, İ., Kahriman, A., 2013. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.613-621.
- Ercanlı, İ., Kurt, A.K., ve Bolat, F., 2014. Adana-Feke Kızılcım (*Pinus Brutia* Ten.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Karışık Etkili Modelleme ile Geliştirilmesinde Bazı Varyans Yapılarının Karşılaştırılması, I. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta.
- Erkin, K., 1956. Seben mıntıkası sarıçamları hacim eğrisine ait tamamlayıcı etütler. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, A, 6, 2, 243-263.
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, No: 355/16, İstanbul, 199 s.
- Fang, Z. ve Bailey, R. L., 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. Forest Science, 45, 8599.
- Fang, Z., Borders, B.E. ve Bailey, R.L. 2000. Compatible Volume Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on System with Segmented-Stem Form Factors. For. Sci. 46:1-12.
- Farrar, R. M., 1987. Stem profile functions for predicting multiple product volumes in natural longleaf pines. Southern Journal of Applied Forestry, 11, 161167.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1800, O. F. Yayın No: 193, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 359 s.
- Fırat, F. ve Kalıpsız, A., 1963. Tarsus-Karabucak Ormanları İçin Eucalyptus camaldulensis Ağaç Hacim Tablosu. İÜ Orman Fakültesi Dergisi A-18 (1), 11 – 22.
- Fonweban, J., Gardiner, B., Macdonald, E., ve Auty, D., 2011. Taper functions for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain, Forestry, 84(1):1-12.
- Fonweban, J., Gardiner, B., ve Auty, D., 2012. Variable-top merchantable volume equations for Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain, Forestry, 85(2):1-17.
- Forslund R., 1990. The power function as a simple stem profile examination tool. Can J For Res 21:193–198.
- Fortin, M., Schneider, R., ve Saucier, J.P., 2013. Volume and Error Variance Estimation Using Integrated Stem Taper Models, Forest Science, 59(3):1-14.
- Garber, S.M., Maguire, D.A., 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures, Forest Ecology and Management, 179, 507-507.

- Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., ve Diéguez-Aranda, U., 2013. Selection of mixed-effects parameters in a variable–exponent taper equation for birch trees in northwestern Spain, *Annals of Forest Science*, 70:707–715.
- Gómez-García, E., Diéguez-Aranda, U., Özçelik, Ö., Sal-Cando, M., Castedo-Dorado, F., Crecente-Campo, F., Corral-Rivas, J.J., Arias-Rodil, M., 2016. Development of a stem taper function using mixed-effects models for *Pinus sylvestris* in Turkey: selection of fixed parameters to expand. *Bosque* 37 (1): 159-167. DOI: 10.4067/S0717-92002016000100015.
- Goulding, C. J. ve Murray, J. (1976). Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. *New Zealand Journal of Forest Science*, 5, 313322.
- Göçeri, M.F. 2015. Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden) ağaçlandırmaları için uyumlu çap ve hacim denklemlerinin geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Green, E. J. ve Reed, D. D., 1985. Compatible tree volume and taper functions for pitch pine, *nothern journal of applied forestry*, 2, 14-16.
- Guangyi, M., Yujun, S., Hao, X., de-Miguel, S., 2015. A Mixed-Effects Model with Different Strategies for Modeling Volume in *Cunninghamia lanceolata* Plantations. *PLoS ONE* 10(10): e0140095. doi:10.1371/journal.pone.0140095.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam Hacim Tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-9 (1), 97-112.
- Güzenge, E., 2005. İdare Süreleri, Orman ve Av Dergisi, Temmuz-Ağustos, Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara.
- Hjelm, B., 2013. Stem taper equations for poplars growing on farmland in Sweden, *Journal of Forestry Research*, 24(1): 15–22.
- Hojer A., 1903. Growth of Scots pine and Norway spruce. Stockholm, Bilaga till. Loven, F.A. om vara barrskorar.
- Honer, T. G., 1967. Standard volumes and merchantable conversion factors for the commercial tree species of central and Eastern Canada. Forest Management Research and Service Institute, Ottawa, Ontario, Inform Rep. FMR-X-5, 21 s.
- Husch, B., 1963. Forest Mensuration. The Ronald Press Company, 402p., New York.
- İyit, N., Genç, A. ve Arslan, F. 2006. Analysis of repeated measures for continuous response data using general linear model and mixed models. *Proceedings of the International Conference on Modeling and Simulation*, Konya, Turkey, 937-942.
- Jiang, L. 2004. Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia. MS Thesis. West Virginia University. Morgantown. WV. 75pp.
- Jiang L., Brooks J. R. ve Wang J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *For. Ecol. Manage.* 213: 399-409.

- Jiménez J, Aguirre O, Niembro R, Navar J, Domínguez A., 1994. Determinación de la forma externa de *Pinus hartwegii* Lindl. En el noreste de México. Invest Agrar: Sist Recur For 3(2):175–182.
- Jonson, T. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I Granens stamform. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Häfte 11, pp. 285-328.
- Jonson, T. 1911. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. II. Tallens stamform. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Häfte 9-10, pp. 285-329.
- Karabürk, T. 2011. Bartın İli Göknar Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 173 s.
- Kahriman, A., Sönmez, T., Yavuz, M., Şahin, A., Yılmaz, S., Uzun, M., Kumaş, G., Genç, Y. 2016, Antalya ve Mersin Yöresi Saf Kızılcım Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları, (TÜBİTAK-TOVAG Projesi, Proje No: 112O808), Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Artvin.
- Kahriman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Tree Volume Tables for Calabrian Pine in Antalya and Mersin Region, Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 17 (1): 9-22, Doi: 10.17475/kastorman.295706.
- Kalıpsız, A., 1962. Doğu Kayınında Artım ve Büyüme Araştırmaları. OGM Yayınları, No: 339, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:3194/354, İstanbul. 406 s.
- Kalıpsız, A., 1988. Orman Hasılat Bilgisi. İ.Ü. Yayın No: 3516, Orman Fakültesi Yayın No: 397, 349 s., İstanbul.
- Kapucu, F., 1978. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğu Ladini, Sarıçam, Doğu Karadeniz Göknarı ve Doğu Kayını Karışık Meşcerelerinin Kuruluşları-Amenajman Yönünden Değerlendirilmesi Üzerine Araştırmalar. Doçentlik Tezi. Trabzon. 178 s.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U. ve Mısır, N., 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılat ve Amenajman Esasları. TOGTAG 2229 nolu TÜBİTAK Projesi, 118 s., Ankara.
- Karaer, K., 2015. Eğirdir Yöresi Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 71s.
- Keselman, H.J., Algina, J., Kowalchuk, R.K. ve Wolfinger, R.D. 1998. A comparison of two approaches for selecting covariance structures in the analysis of repeated measures. Communications in Statistics–Computation and Simulation, 27 (3); 591–604.
- Kaya, B., 2015. Devrek yöresi sarıçam ve karaçam karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacmi denklemlerinin geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Kozak, A., 1988. A Variable Exponent Taper Equation, Canadian Journal of Forest Research, 18, 1363-1368.
- Kozak, A., 2004. My Last Words on Taper Equations. Forest Chronicle, 80, 507-515.

- Kozak, A., Smith, J.H.G. 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. For. Chron. 69: 438-444.
- Kozak, A., Munro, D.O., Smith, J.H.G., 1969. Taper functions and their application in forest inventory. Forest Chronicle 45: 278-283.
- Köse, S., Yavuz, H., Mısır, M. ve Mısır, N., 2001. KTÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı Ladin Meşçerelerinin Hasılat Esasları Sonuç Raporu, K.T.Ü. Araştırma Fonu Başkanlığı, Sonuç Raporu, 27 s.
- Kublin, E., Breidenbach, J., ve Kändler, G., 2013. A flexible stem taper and volume prediction method based on mixed-effects B-spline regression, European Journal of Forest Research, 132:983–997.
- Kumaş, G. 2015. Antalya Orman Bölge Müdürlüğünde Yayılış Gösteren Kızılcım Meşçereleri İçin Uyumlu Gövde Profili Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 73 s.
- Kurt, A.K., 2014. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe] meşçereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Laar A.V. ve Akça A., 2007. Forest mensuration: in Managing Forest Ecosystems, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 s.
- Laird, N.M. ve Ware, J.H. 1982. Random-Effects Models for Longitudinal Data. Biometrics, 38, 963-974.
- Lappi, J., 1997. A longitudinal analysis of height–diameter curves. Forest Science. 43:555-570.
- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H. and Von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. Forest Ecology and Management, 172, 69-77.
- Lejeune, G., Ung, C.H., Fortin, M., Guo, X.J., Lambert, M.C., ve Ruel, J.C., 2009. A simple stem taper model with mixed effects for boreal black spruce. European Journal of Forest Research, 128(5): 505-513.
- Leties, L.P. ve Robinson, A.P., 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in a mixed-effects modeling framework, Forest Science, 50, 204-212.
- Li, R., Weiskittel, A.R., 2010. Comparison of model forms for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian Region, Annals of Forest Science 67(302):1-16.
- Li, R., Weiskittel, A., Dick, A.R., Kershaw J.A., ve Seymour, R.S., 2011. Regional Stem Taper Equations for Eleven Conifer Species in the Acadian Region of North America: Development and Assessment, North. J. Appl. For. 29(1):1-10.
- Littell, R.C., Miliken, G.A., Stroup, W.W. ve Wolfinger, R.D. 2005. SAS system for mixed models. SAS Institute Inc., Cary,, NC, USA.

- Loetsch, F., Zöhrer, F. ve Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Volume II, ISBN 3-405-10812-8, BLV Verlagsgesellschaft München Benn Wien, München.
- López, S.W., ve Bevilacqua, E., 2012. Nonlinear mixed model approaches to estimating merchantable bole volume for *Pinus occidentalis*. *iForest*, 5: 247-254.
- Max, T. A, Burkhart, H. E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, *Forest Science*, 22, 3, 283-289.
- Meydan-Aktürk, 2006. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) için trigonometrik gövde profili denkleminin oluşturulması / Construction of trigonometric variable- taper equations for spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) trees, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mısır, N., ve Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 3(4):135-144.
- Mısır, M., Köse, S., Yavuz, H., Mısır, N., Altun, L., Sakıcı, O.E. ve Karahalil, U., 2010. KTÜ Orman Fakültesi, Eğitim Araştırma Ormanının Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi ve Orman Amenajman Planına Aktarılması. (KTÜ Bilimsel Araştırma Projesi, No: 2007.113.001.13), Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarda Şekil ve Hacim Araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 103 s. İstanbul.
- 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.
- Munro, D.D., 1966. The distribution of log size and volume within trees. A preliminary investigation. University of British Columbia. Fac. of For., p 27.
- Newberry J ve Burkhart H., 1986. Variable form stem profile models for Loblolly pine. *Can J For Res* 16:109–114.
- Newnham, R. M. 1988, A Variable Form Taper Function, Canada Frest Service, Petawawa Natl. For. Ins. Inf. Rep. PI-X-83.
- Newnham, R. M., 1992. Variable-form taper functions for four Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(2), 210-22.
- Ormerod, D. 1973. A simple bole model. *The Forestry Chronicle*, 49, 136138.
- Özcan, M., 1997. Batı Karadeniz Bölgesi İçin Kestane Hacim Tablosunun Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon (yayımlanmamış).
- Özçelik, R., 2008. Comparison of Formulae for Estimating Tree Bole Volumes of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (5), 412-418.
- Özçelik, R., 2010. Sarıçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Artvin, Bildiriler Kitabı, 358-366.
- Özçelik, R. ve Alkan, H., 2011. Okalıptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı, 720-730.

- Özçelik, R., Bal 2013 Effects of adding crown variables in stem taper and volume predictions for black pine, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27,231-242
- Özçelik, R., Brooks, J.R. ve Jiang, L., 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine, and Cilicica fir in Southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. European Journal of Forest Research, 130, 613-621.
- Özçelik, R. ve Brooks, J. R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey, Annals of Forest Science, 69, 105-118.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N. ve Kiriş, R., 2012. Burdur Yöresi Kızılcım Meşcereleri için Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 85-91.
- Özçelik, R., ve Göçeri, M.F., 2015. Compatible merchantable stem volume and taper equations for eucalyptus plantations in the Eastern Mediterranean Region of Turkey, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39:851-863.
- Özçelik, R., ve Yaşar, Ü., 2015. Development of stem diameter model for Bormullerian fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bormulleriana* (Mattf.)) stands in Ayancık District using mixed effects modeling approach, Turkish Journal of Forestry, 16(2): 86-95.
- Özçelik, R., ve Karaer, K. 2016. Eğirdir Yöresi doğal kızılçım ve karaçım meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 66:59-74.
- Özçelik, R., ve Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri, Turkish Journal of Forestry, 18(1): 37-48.
- Özer, E. ve Uğurlu, S., 1977. Aynalı Relaskop Fh/d Değerlerinden Elde Edilen ya da Çift Girişli Hacim tablolarına Göre Elde Edilen Hacimlerin Seksiyondan Hesaplanan Hacimlerle Karşılaştırması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No 99. Ankara.
- Özkurt, A., 2000. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden) için hacim tablosu. DOA Dergisi, s.87-105.
- Parresol, B.R., Hotvedt, J.E., Cao ve Q.V. 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. Can. J. For. Res. 17:250-259.
- Pehlivan, S., 2010. Sarıçım (*Pinus sylvestris* L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 53 s.
- Perez, D.N., Burkhart, H.E. ve Stiff, C.T. 1990. A variable-Form Taper Function for *Pinus Oocarpa* Schiede in Central Honduras. For. Sci. 36: 186-191.
- Rajo A, Perales X, Sanchez-Rodriguez F, Alvarez-Gonzalez JG ve von Gadow K., 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (northwestern Spain). Eur. J. For. Res.v 25:177-186.
- Real, P.L. ve Moore, J.A., 1986. An individual tree system for Douglas fir in the inland north-west. USDA Forestry Service General Technical Report NC-120, pp 1037-1044.

- Reed D ve Green E., 1984. Compatible stem taper and volume ratio equations. For Sci 30(4):977–990.
- Riemer T, Gadow K von ve Slodoba B., 1995. Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. Allg Forst Jagdztg 166(7):144–147.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS 9.1 User's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 2187/222, İkinci Baskı, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Saatçioğlu F. ve Atay İ., 1960. En Önemli Silvikültürel ve Estetik Özellikleri ile Şehir ve Yol Ağaçları, İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi, 10, 2.
- Sakıcı, O., 2002. Kastamonu Yöresi Uludağ Göknarı Meşcerelerinde Gövde Profili, Hacim, Hacim Oran Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E., Mısır N., Yavuz H. ve Mısır M., 2008. Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. Scandinavian Journal of Forest Research 23: 522-533.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., ve Seki, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri, Turkish Journal of Forestry, 19(1): 20-29.
- Saraçoğlu, Ö., 1986. Karadeniz Yöresi Göknar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Hasılatı ve Biyometri Bilim Dalı, İstanbul, 369 s.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Gövde Hacim Tablosu, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 215-225.
- Schlaegel, B. E., 1983. Development of a form class taper model for Willow Oak. Ph.D. Thesis. University of Georgia, Athens, GA., 69 p.
- Schmidt, M., Kiviste, A. ve Von Gadow, K.A. 2010. Spatially explicit height-diameter model for Scots pine in Estonia. European Journal of Forest Research, 130 (2); 303-315.
- Schröder, T., Costa, E.A., Valério, A.F., ve Lisboa, G.S., 2015. Taper Equations for *Pinus elliottii* Engelm. İn Southern Paraná, Brazil, For. Sci. 61(2):311–319.
- Searle, S.R., Casella, G., Mc Culloch, C.E., 1992. Variance components. John Wiley and Sons Inc., USA.
- Sharma, M. ve Oderwald, R. G. 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. Canadian Journal of Forest Research, 31, 797803.
- Sharma, M. ve Zhang, S.Y., 2004. Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce and balsam fir in eastern Canada. Forest Ecology and Management 198, 39-53.
- Sharma, M., ve Parton J., 2009. Modeling stand density effects on taper for Jack pine black spruce plantations Using Dimensional Analysis. Forest Science, 55 (3); 268-282.

- Sönmez, T., Yılmaz, M., Günlü, A., Karahalil, U. ve Aktürk, G.M., 2010. Aynıyaşlı ve Saf Doğu Ladini Meşcereleri İçin Büyüme Modeli Geliştirilmesi, (TÜBİTAK-TOVAG, proje no: 106O603), Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Artvin.
- SPSS Institute Inc. 2010. IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide, SPSS Programming and Data Management, 426 pp.
- Subedi, N., ve Sharma, M., 2011. Applying wavelet-based functional approach in modelling tree taper, *Annals of Forest Science*, 68:1039-1048.
- Sun, O., Eren, M. E. ve Orpak, M., 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması, (TÜBİTAK, proje no: TOAG-288), Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Yayını.
- Şahin, D., 2012. Karaçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi denklem sistemlerinin geliştirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 64s.
- Şahin A. 2015. Mersin Yöresi Saf Kızılçam (*Pinus brutia Ten.*) meşcerelerinde hasılat araştırmaları, Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 331 s.
- Şentürk, N., 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *oxycarpa* (Bieb. Ex Willd.) Franco & Rocha Afonso) Gövde Hacim ve Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 97 s.
- Şenyurt, M., Ercanli, İ., Bolat, F. 2017. Taper equations based on nonlinear mixed effect modeling approach for *Pinus nigra* in Çankırı forests, *Bosque*, 38(3): 545-554.
- Tassia, G., ve Burkhart, H.E., 1998. An application of mixed effects analysis to modeling thinning effects on stem profile of Loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 103 (1); 87-101.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R. 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. *Can. J. For. Res.* 21:1132-1137.
- Tosun, S., 1992. Batı Karadeniz Bölgesindeki Doğu Kayını (*Fagus orientalis*)-Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana*) Gençliklerinde Yaş- Boy İlişkisi. OAE Teknik Raporlar Seri No:50, 15 Ref, 38: 75, 59-77, Ankara.
- Trincado, G. ve Burkhart, H.E. 2006. A generalized approach for modeling and localizing stem profile curve. *Forest Science*, 52 (6); 670-682.
- Trincado, G., Vander-Schaaf, C.L., Burkhart, H.E., 2007. Regional mixed-effects height-diameter models for loblolly pine (*Pinus taeda L.*) plantations. *European Journal Forest Research*, 126:253-262.
- Uludağ, M., 2006. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Çatalzeytin Orman İşletme Müdürlüğü Çınar (*Platanus orientalis L.*) Gövde Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 68 s.

- Valenti M, Cao Q., 1986. Use of crown ratio to improve loblolly pine taper equations. *Can J For Res* 16:1141–1145.
- Valentine, H.T., ve Gregoire, T.G. 2001. A switching model of bole taper. *Can J For Res* 31:1400–1409.
- Westfall, J.A., ve Scott, C.T., 2010. Taper Models for Commercial Tree Species in the Northeastern United States, *Forest Science*, 56(6):1-14.
- Wolfinger, R. ve Chang, M. 1999. Comparing the SAS glm and mixed procedures for repeated measures. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Yaşar, Ü., 2015. Sinop yöresi Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Subsp. *bornmülleriana* (Mattf.) meşcereleri için gövde çapı modelinin karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Yang, Y., Huang, S., Meng, S.X., 2009a. Development of a Tree-Specific Stem Profile Model for White spruce: A Nonlinear Mixed Model Approach with a Generalized Covariance Structure. *Forestry* 82(5):541-555. DOI: 10.1093/forestry/cpp026.
- Yang, Y., Huang, S., Trincado, G. ve Meng, S.X. 2009b. Nonlinear mixed effects modelling of variable exponent taper equations for Lodgepole pine in Alberta, Canada. *European Journal of Forest Research*, 128 (4); 415-429.
- Yavuz, H., 1992. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 230 s.
- Yavuz, H., 1995a. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTU Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.
- Yavuz, H., 1995b. Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No:49, 101-106.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç için Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282.
- Yavuz, H., Mısır, N., Tüfekçioğlu, A., Altun, L., Mısır, M., Ercanlı, İ., Sakıcı, O. E., Kahrıman, A., Karahalil, U., Yılmaz, M., Sarıyıldız, T., Küçük, M., Meydan, G., Bayburtlu, Ş., Bilgili, F., Aydın, A. C., Kara, Ö., Bolat, İ. ve Usta, A., 2010. Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi. (TÜBİTAK-TOVAG Projesi, Proje No: 106O274), Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon.
- Ye, S. 2005. Covariance structure selection in linear mixed models for longitudinal data, M. Sc. Thesis, department of Bioinformatics and Biostatistics, University of Louisville, Kentucky, USA.

- Yıldızbakan, A., ve Saraçoğlu, Ö., 2004. Toros Göknaıı (*Abies cilicica* Carr.) Meşcerelerinde Bazı Artım ve Büyüme İlişkileri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi (DOA Dergisi), Tarsus.
- Yiğit, E., 2018. Toros göknaıı (*Abies cilicica* Carr.) için gövde çapı modelinin karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Zakrzewski, W. T., 1999. A mathematically tractable stem profile model for jack pine in Ontario. Northern Journal of Applied Forestry, 16, 138-143.
- Zhao, D., ve Kane, M., 2017. New Variable-Top Merchantable Volume and Weight Equations Derived Directly from Cumulative Relative Profiles for Loblolly Pine, For. Sci. 63(3):261–269.
- Zheng, C., Wang, Y., Jia, L., Mason, E.G., We, S., Sun, C., Duan, J. 2017. Compatible taper volume models of *Quercus variabilis* Blume forests in north China. iForest 10: 567-575, doi: 10.3832/ifor2114-010.

EKLER

Ek Tablo 1. Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Ladini türleri için Tek Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Doğu Karadeniz Göknaarı						Doğu Ladini					
d _{1.30} (cm)	v (m ³)	d _{1.30} (cm)	v (m ³)	d _{1.30} (cm)	v (m ³)	d _{1.30} (cm)	v (m ³)	d _{1.30} (cm)	v (m ³)	d _{1.30} (cm)	v (m ³)
8	0,024	29	0,656	50	2,653	8	0,025	32	0,779	56	3,123
9	0,033	30	0,715	51	2,791	9	0,033	33	0,840	57	3,263
10	0,043	31	0,778	52	2,934	10	0,043	34	0,905	58	3,407
11	0,055	32	0,844	53	3,081	11	0,055	35	0,972	59	3,555
12	0,068	33	0,913	54	3,232	12	0,068	36	1,043	60	3,706
13	0,084	34	0,986	55	3,388	13	0,083	37	1,116	61	3,861
14	0,101	35	1,062	56	3,548	14	0,100	38	1,193	62	4,020
15	0,121	36	1,142	57	3,713	15	0,119	39	1,272	63	4,183
16	0,143	37	1,225	58	3,882	16	0,139	40	1,355	64	4,350
17	0,167	38	1,312	59	4,056	17	0,162	41	1,440	65	4,520
18	0,193	39	1,402	60	4,235	18	0,187	42	1,529	66	4,695
19	0,222	40	1,496	61	4,419	19	0,213	43	1,621	67	4,874
20	0,253	41	1,594	62	4,607	20	0,242	44	1,716	68	5,056
21	0,286	42	1,696	63	4,800	21	0,274	45	1,815	69	5,243
22	0,323	43	1,801	64	4,998	22	0,307	46	1,916	70	5,433
23	0,362	44	1,911	65	5,201	23	0,343	47	2,021	71	5,628
24	0,403	45	2,024	66	5,408	24	0,381	48	2,130	72	5,827
25	0,448	46	2,142	67	5,621	25	0,422	49	2,242	73	6,030
26	0,495	47	2,263	68	5,839	26	0,465	50	2,357	74	6,237
27	0,546	48	2,389	69	6,062	27	0,511	51	2,476	75	6,448
28	0,599	49	2,519	70	6,290	28	0,559	52	2,598	76	6,664
						29	0,610	53	2,724	77	6,884
						30	0,663	54	2,853	78	7,108
						31	0,720	55	2,986	79	7,336

Ek Tablo 2. Doğu Karadeniz Göknarı için Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Göğüs Çapları (cm)																					
Boy(m)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																					
5	0,016	0,019	0,023	0,027	0,031	0,036															
6	0,019	0,024	0,028	0,033	0,039	0,044	0,050	0,056													
7	0,023	0,028	0,034	0,040	0,046	0,053	0,060	0,067	0,075	0,083	0,092	0,100	0,109								
8	0,027	0,033	0,040	0,047	0,054	0,062	0,070	0,079	0,088	0,097	0,107	0,117	0,128	0,139	0,150	0,162	0,174				
9	0,031	0,038	0,046	0,054	0,062	0,071	0,080	0,090	0,101	0,112	0,123	0,135	0,147	0,159	0,172	0,186	0,200	0,214	0,229	0,244	
10	0,035	0,043	0,052	0,061	0,070	0,080	0,091	0,102	0,114	0,126	0,139	0,152	0,166	0,180	0,195	0,210	0,226	0,242	0,258	0,275	0,293
11	0,040	0,048	0,058	0,068	0,078	0,090	0,102	0,114	0,127	0,141	0,155	0,170	0,186	0,201	0,218	0,235	0,252	0,270	0,289	0,308	0,327
12	0,044	0,053	0,064	0,075	0,087	0,099	0,113	0,126	0,141	0,156	0,172	0,188	0,205	0,223	0,241	0,260	0,279	0,299	0,320	0,341	0,362
13	0,048	0,059	0,070	0,082	0,095	0,109	0,124	0,139	0,155	0,171	0,189	0,207	0,225	0,245	0,265	0,285	0,307	0,329	0,351	0,374	0,398
14	0,052	0,064	0,076	0,090	0,104	0,119	0,135	0,151	0,169	0,187	0,206	0,225	0,246	0,267	0,289	0,311	0,334	0,358	0,383	0,408	0,434
15	0,057	0,069	0,083	0,097	0,113	0,129	0,146	0,164	0,183	0,203	0,223	0,244	0,266	0,289	0,313	0,337	0,362	0,388	0,415	0,442	0,470
16	0,061	0,075	0,089	0,105	0,121	0,139	0,157	0,177	0,197	0,218	0,241	0,264	0,287	0,312	0,337	0,364	0,391	0,419	0,447	0,477	0,507
17	0,066	0,080	0,096	0,112	0,130	0,149	0,169	0,190	0,212	0,234	0,258	0,283	0,308	0,335	0,362	0,390	0,420	0,449	0,480	0,512	0,544
18	0,070	0,086	0,102	0,120	0,139	0,159	0,181	0,203	0,226	0,251	0,276	0,302	0,330	0,358	0,387	0,417	0,448	0,480	0,513	0,547	0,582
19				0,128	0,148	0,170	0,192	0,216	0,241	0,267	0,294	0,322	0,351	0,381	0,412	0,445	0,478	0,512	0,547	0,583	0,620
20							0,204	0,229	0,256	0,283	0,312	0,342	0,373	0,405	0,438	0,472	0,507	0,543	0,580	0,619	0,658
21									0,271	0,300	0,330	0,362	0,395	0,429	0,464	0,500	0,537	0,575	0,615	0,655	0,696
22										0,317	0,349	0,382	0,417	0,452	0,489	0,528	0,567	0,607	0,649	0,691	0,735
23											0,367	0,403	0,439	0,477	0,515	0,556	0,597	0,640	0,683	0,728	0,774
24												0,423	0,461	0,501	0,542	0,584	0,627	0,672	0,718	0,765	0,814
25													0,484	0,525	0,568	0,612	0,658	0,705	0,753	0,803	0,854
26														0,550	0,595	0,641	0,689	0,738	0,789	0,840	0,894
27																0,670	0,720	0,771	0,824	0,878	0,934
28																		0,805	0,860	0,916	0,974
29																				0,955	1,015

Ek Tablo 2'nin Devamı

Göğüs Çapları (cm)																					
Boy (m)	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																					
10	0,329																				
11	0,368	0,389	0,410																		
12	0,407	0,430	0,454	0,478	0,503	0,528	0,554														
13	0,447	0,472	0,498	0,525	0,552	0,580	0,608	0,637	0,666												
14	0,487	0,515	0,543	0,572	0,602	0,632	0,663	0,694	0,726	0,759	0,792	0,826									
15	0,528	0,558	0,589	0,620	0,652	0,685	0,719	0,753	0,787	0,822	0,858	0,895	0,932								
16	0,570	0,602	0,635	0,669	0,703	0,739	0,775	0,811	0,849	0,887	0,925	0,965	1,005	1,046	1,087						
17	0,611	0,646	0,682	0,718	0,755	0,793	0,832	0,871	0,911	0,952	0,993	1,036	1,079	1,122	1,167	1,212					
18	0,654	0,691	0,729	0,768	0,807	0,848	0,889	0,931	0,974	1,017	1,062	1,107	1,153	1,200	1,247	1,295	1,344	1,394	1,444	1,496	1,496
19	0,696	0,736	0,776	0,818	0,860	0,903	0,947	0,992	1,037	1,084	1,131	1,179	1,228	1,278	1,328	1,380	1,432	1,485	1,539	1,593	1,593
20	0,739	0,781	0,824	0,868	0,913	0,959	1,005	1,053	1,101	1,151	1,201	1,252	1,304	1,357	1,410	1,465	1,520	1,576	1,633	1,691	1,691
21	0,782	0,827	0,872	0,919	0,966	1,015	1,064	1,115	1,166	1,218	1,271	1,325	1,380	1,436	1,493	1,551	1,609	1,669	1,729	1,790	1,790
22	0,826	0,873	0,921	0,970	1,020	1,071	1,124	1,177	1,231	1,286	1,342	1,399	1,457	1,516	1,576	1,637	1,699	1,762	1,826	1,890	1,890
23	0,870	0,919	0,970	1,022	1,075	1,128	1,183	1,239	1,296	1,355	1,414	1,474	1,535	1,597	1,660	1,725	1,790	1,856	1,923	1,991	1,991
24	0,914	0,966	1,020	1,074	1,129	1,186	1,244	1,303	1,362	1,424	1,486	1,549	1,613	1,679	1,745	1,812	1,881	1,950	2,021	2,092	2,092
25	0,959	1,013	1,069	1,126	1,184	1,244	1,304	1,366	1,429	1,493	1,558	1,624	1,692	1,760	1,830	1,901	1,973	2,046	2,120	2,195	2,195
26	1,004	1,061	1,119	1,179	1,240	1,302	1,365	1,430	1,496	1,563	1,631	1,701	1,771	1,843	1,916	1,990	2,065	2,141	2,219	2,297	2,297
27	1,049	1,109	1,170	1,232	1,296	1,361	1,427	1,495	1,563	1,633	1,705	1,777	1,851	1,926	2,002	2,079	2,158	2,238	2,319	2,401	2,401
28	1,095	1,157	1,221	1,286	1,352	1,420	1,489	1,559	1,631	1,704	1,779	1,854	1,931	2,009	2,089	2,170	2,252	2,335	2,419	2,505	2,505
29	1,140	1,205	1,272	1,339	1,409	1,479	1,551	1,625	1,699	1,775	1,853	1,932	2,012	2,093	2,176	2,260	2,346	2,432	2,520	2,610	2,610
30	1,186	1,254	1,323	1,393	1,465	1,539	1,614	1,690	1,768	1,847	1,928	2,010	2,093	2,178	2,264	2,352	2,440	2,531	2,622	2,715	2,715
31		1,303	1,375	1,448	1,523	1,599	1,677	1,756	1,837	1,919	2,003	2,088	2,175	2,263	2,352	2,443	2,536	2,629	2,725	2,821	2,821
32				1,502	1,580	1,659	1,740	1,822	1,906	1,992	2,079	2,167	2,257	2,348	2,441	2,536	2,631	2,729	2,827	2,928	2,928
33						1,720	1,804	1,889	1,976	2,065	2,155	2,246	2,340	2,434	2,531	2,628	2,728	2,829	2,931	3,035	3,035
34							1,956	2,046	2,138	2,231	2,326	2,422	2,521	2,620	2,722	2,824	2,929	3,035	3,142	3,142	3,142
35										2,211	2,308	2,406	2,506	2,607	2,711	2,815	2,922	3,030	3,139	3,250	3,250
36											2,385	2,486	2,590	2,695	2,801	2,909	3,019	3,131	3,244	3,359	3,359
37												2,567	2,674	2,782	2,892	3,004	3,117	3,233	3,350	3,468	3,468
38													2,758	2,870	2,984	3,099	3,216	3,335	3,455	3,578	3,578
39														2,958	3,075	3,194	3,315	3,438	3,562	3,688	3,688
40															3,168	3,290	3,414	3,541	3,669	3,799	3,799

Ek Tablo 2'nin Devamı

Göğüs Çapları (cm)																					
Boy (m)	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																					
18	1,547	1,600																			
19	1,648	1,704	1,761	1,819	1,877	1,936	1,996	2,056	2,117												
20	1,750	1,809	1,870	1,931	1,993	2,055	2,119	2,183	2,248	2,314	2,380										
21	1,853	1,915	1,979	2,044	2,109	2,176	2,243	2,311	2,380	2,449	2,520	2,591	2,663	2,736							
22	1,956	2,022	2,090	2,158	2,227	2,297	2,368	2,440	2,513	2,586	2,660	2,736	2,812	2,889	2,967	3,045	3,125				
23	2,060	2,130	2,201	2,273	2,346	2,420	2,494	2,570	2,646	2,724	2,802	2,881	2,962	3,043	3,125	3,207	3,291	3,376	3,461	3,547	3,635
24	2,165	2,239	2,313	2,389	2,465	2,543	2,621	2,701	2,781	2,863	2,945	3,028	3,112	3,198	3,284	3,371	3,459	3,548	3,637	3,728	3,820
25	2,271	2,348	2,426	2,505	2,586	2,667	2,749	2,833	2,917	3,002	3,089	3,176	3,264	3,354	3,444	3,535	3,628	3,721	3,815	3,910	4,006
26	2,377	2,458	2,540	2,623	2,707	2,792	2,878	2,965	3,054	3,143	3,233	3,325	3,417	3,511	3,605	3,701	3,798	3,895	3,994	4,093	4,194
27	2,484	2,569	2,654	2,741	2,829	2,918	3,008	3,099	3,191	3,284	3,379	3,475	3,571	3,669	3,768	3,868	3,969	4,071	4,174	4,278	4,383
28	2,592	2,680	2,769	2,860	2,951	3,044	3,138	3,233	3,329	3,427	3,526	3,625	3,726	3,828	3,931	4,035	4,141	4,247	4,355	4,463	4,573
29	2,700	2,792	2,885	2,979	3,075	3,171	3,269	3,368	3,469	3,570	3,673	3,777	3,882	3,988	4,096	4,204	4,314	4,425	4,537	4,650	4,764
30	2,809	2,905	3,001	3,099	3,199	3,299	3,401	3,504	3,609	3,714	3,821	3,929	4,039	4,149	4,261	4,374	4,488	4,603	4,720	4,838	4,956
31	2,919	3,018	3,119	3,220	3,324	3,428	3,534	3,641	3,750	3,859	3,970	4,083	4,196	4,311	4,427	4,544	4,663	4,783	4,904	5,026	5,150
32	3,029	3,132	3,236	3,342	3,449	3,558	3,667	3,779	3,891	4,005	4,120	4,237	4,355	4,474	4,594	4,716	4,839	4,963	5,089	5,216	5,344
33	3,140	3,247	3,355	3,464	3,575	3,688	3,802	3,917	4,033	4,151	4,271	4,392	4,514	4,637	4,762	4,889	5,016	5,145	5,275	5,407	5,540
34	3,251	3,362	3,474	3,587	3,702	3,818	3,936	4,056	4,176	4,299	4,422	4,547	4,674	4,802	4,931	5,062	5,194	5,327	5,462	5,599	5,736
35	3,363	3,477	3,593	3,711	3,829	3,950	4,072	4,195	4,320	4,447	4,575	4,704	4,835	4,967	5,101	5,236	5,373	5,511	5,650	5,791	5,934
36	3,475	3,594	3,713	3,835	3,957	4,082	4,208	4,336	4,465	4,595	4,727	4,861	4,996	5,133	5,271	5,411	5,552	5,695	5,839	5,985	6,132
37	3,588	3,710	3,834	3,959	4,086	4,215	4,345	4,476	4,610	4,745	4,881	5,019	5,159	5,300	5,443	5,587	5,733	5,880	6,029	6,179	6,331
38	3,702	3,828	3,955	4,084	4,215	4,348	4,482	4,618	4,756	4,895	5,035	5,178	5,322	5,468	5,615	5,764	5,914	6,066	6,220	6,375	6,531
39	3,816	3,946	4,077	4,210	4,345	4,482	4,620	4,760	4,902	5,045	5,191	5,337	5,486	5,636	5,788	5,941	6,096	6,253	6,411	6,571	6,733
40	3,930	4,064	4,199	4,336	4,475	4,616	4,759	4,903	5,049	5,197	5,346	5,497	5,650	5,805	5,961	6,119	6,279	6,440	6,603	6,768	6,935

Ek Tablo 3. Doğu Ladini için Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Göğüs Çapları (cm)																		
Boy (m)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																		
5	0,013	0,016	0,019	0,023	0,027													
6	0,016	0,020	0,024	0,028	0,033	0,038	0,044											
7	0,019	0,024	0,029	0,034	0,040	0,046	0,052	0,059	0,066	0,074	0,082	0,090						
8	0,022	0,028	0,033	0,040	0,046	0,053	0,061	0,069	0,077	0,086	0,095	0,105	0,115	0,125	0,136	0,147	0,159	
9	0,026	0,032	0,038	0,045	0,053	0,061	0,069	0,079	0,088	0,098	0,109	0,120	0,131	0,143	0,155	0,168	0,181	0,195
10	0,029	0,036	0,043	0,051	0,060	0,069	0,078	0,089	0,099	0,111	0,123	0,135	0,148	0,161	0,175	0,190	0,205	0,220
11	0,032	0,040	0,048	0,057	0,066	0,077	0,087	0,099	0,111	0,124	0,137	0,151	0,165	0,180	0,196	0,212	0,228	0,246
12	0,036	0,044	0,053	0,063	0,073	0,085	0,097	0,109	0,123	0,136	0,151	0,166	0,182	0,199	0,216	0,234	0,252	0,271
13	0,039	0,048	0,058	0,069	0,080	0,093	0,106	0,120	0,134	0,150	0,166	0,182	0,200	0,218	0,237	0,256	0,276	0,297
14	0,043	0,052	0,063	0,075	0,088	0,101	0,115	0,130	0,146	0,163	0,180	0,199	0,218	0,237	0,258	0,279	0,301	0,324
15	0,046	0,057	0,068	0,081	0,095	0,109	0,125	0,141	0,158	0,176	0,195	0,215	0,235	0,257	0,279	0,302	0,326	0,350
16	0,050	0,061	0,074	0,087	0,102	0,118	0,134	0,152	0,170	0,190	0,210	0,231	0,253	0,276	0,300	0,325	0,351	0,377
17	0,053	0,065	0,079	0,094	0,109	0,126	0,144	0,163	0,183	0,203	0,225	0,248	0,272	0,296	0,322	0,348	0,376	0,404
18	0,057	0,070	0,084	0,100	0,117	0,135	0,154	0,174	0,195	0,217	0,240	0,265	0,290	0,316	0,344	0,372	0,401	0,432
19			0,090	0,106	0,124	0,143	0,163	0,185	0,207	0,231	0,256	0,282	0,309	0,337	0,366	0,396	0,427	0,459
20					0,132	0,152	0,173	0,196	0,220	0,245	0,271	0,299	0,327	0,357	0,388	0,420	0,453	0,487
21							0,183	0,207	0,233	0,259	0,287	0,316	0,346	0,377	0,410	0,444	0,479	0,515
22									0,245	0,273	0,302	0,333	0,365	0,398	0,432	0,468	0,505	0,543
23										0,287	0,318	0,350	0,384	0,419	0,455	0,493	0,531	0,571
24											0,334	0,368	0,403	0,440	0,478	0,517	0,558	0,600
25												0,386	0,422	0,461	0,501	0,542	0,585	0,629
26													0,442	0,482	0,524	0,567	0,611	0,658
27														0,503	0,547	0,592	0,638	0,687
28															0,570	0,617	0,666	0,716
29																	0,693	0,745

Ek Tablo 3'ün Devamı

Göğüs Çapları (cm)																		
Boy (m)	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																		
9	0,209	0,224																
10	0,236	0,253	0,269	0,287	0,305													
11	0,263	0,282	0,301	0,320	0,340	0,360	0,381											
12	0,291	0,311	0,332	0,353	0,375	0,398	0,421	0,445	0,469	0,494	0,520							
13	0,319	0,341	0,364	0,387	0,411	0,436	0,462	0,488	0,514	0,541	0,569	0,598	0,627					
14	0,347	0,371	0,396	0,422	0,448	0,475	0,502	0,531	0,560	0,589	0,620	0,651	0,682	0,715	0,748	0,781		
15	0,376	0,402	0,429	0,456	0,485	0,514	0,544	0,574	0,606	0,638	0,671	0,704	0,739	0,774	0,809	0,846	0,883	
16	0,404	0,433	0,462	0,491	0,522	0,553	0,585	0,618	0,652	0,687	0,722	0,758	0,795	0,833	0,871	0,910	0,950	0,991
17	0,434	0,464	0,495	0,527	0,559	0,593	0,628	0,663	0,699	0,736	0,774	0,813	0,852	0,893	0,934	0,976	1,019	1,062
18	0,463	0,495	0,528	0,562	0,597	0,633	0,670	0,708	0,746	0,786	0,826	0,868	0,910	0,953	0,997	1,042	1,088	1,134
19	0,492	0,527	0,562	0,598	0,635	0,674	0,713	0,753	0,794	0,836	0,879	0,923	0,968	1,014	1,061	1,108	1,157	1,207
20	0,522	0,558	0,596	0,634	0,674	0,714	0,756	0,798	0,842	0,887	0,932	0,979	1,027	1,075	1,125	1,175	1,227	1,280
21	0,552	0,591	0,630	0,671	0,712	0,755	0,799	0,844	0,890	0,938	0,986	1,035	1,086	1,137	1,189	1,243	1,297	1,353
22	0,582	0,623	0,665	0,707	0,751	0,797	0,843	0,891	0,939	0,989	1,040	1,092	1,145	1,199	1,255	1,311	1,368	1,427
23	0,613	0,655	0,699	0,744	0,791	0,838	0,887	0,937	0,988	1,041	1,094	1,149	1,205	1,262	1,320	1,379	1,440	1,502
24	0,643	0,688	0,734	0,782	0,830	0,880	0,931	0,984	1,038	1,093	1,149	1,206	1,265	1,325	1,386	1,448	1,512	1,577
25	0,674	0,721	0,769	0,819	0,870	0,922	0,976	1,031	1,087	1,145	1,204	1,264	1,325	1,388	1,452	1,518	1,584	1,652
26	0,705	0,754	0,805	0,857	0,910	0,965	1,021	1,078	1,137	1,197	1,259	1,322	1,386	1,452	1,519	1,587	1,657	1,728
27	0,736	0,787	0,840	0,894	0,950	1,007	1,066	1,126	1,187	1,250	1,315	1,380	1,448	1,516	1,586	1,657	1,730	1,804
28	0,768	0,821	0,876	0,932	0,990	1,050	1,111	1,174	1,238	1,303	1,371	1,439	1,509	1,581	1,653	1,728	1,804	1,881
29	0,799	0,855	0,912	0,971	1,031	1,093	1,157	1,222	1,289	1,357	1,427	1,498	1,571	1,645	1,721	1,799	1,878	1,958
30		0,888	0,948	1,009	1,072	1,136	1,202	1,270	1,340	1,411	1,483	1,557	1,633	1,710	1,789	1,870	1,952	2,035
31				1,048	1,113	1,180	1,248	1,319	1,391	1,465	1,540	1,617	1,696	1,776	1,858	1,941	2,027	2,113
32						1,223	1,295	1,368	1,442	1,519	1,597	1,677	1,758	1,842	1,927	2,013	2,102	2,192
33								1,417	1,494	1,573	1,654	1,737	1,821	1,908	1,996	2,085	2,177	2,270
34									1,546	1,628	1,712	1,797	1,885	1,974	2,065	2,158	2,253	2,349
35										1,683	1,769	1,858	1,948	2,041	2,135	2,231	2,329	2,428
36											1,827	1,919	2,012	2,107	2,205	2,304	2,405	2,508
37													2,076	2,175	2,275	2,377	2,482	2,588
38																	2,559	2,668

Ek Tablo 3'ün Devamı

Göğüs Çapları (cm)																		
Boy (m)	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																		
16	1,032																	
17	1,107	1,152																
18	1,182	1,230	1,279	1,329	1,380	1,431	1,484	1,537										
19	1,257	1,308	1,361	1,414	1,468	1,523	1,578	1,635	1,693	1,751	1,810	1,871	1,932	1,993	2,056	2,120	2,184	
20	1,333	1,387	1,443	1,499	1,557	1,615	1,674	1,734	1,795	1,857	1,920	1,984	2,048	2,114	2,181	2,248	2,316	2,386
21	1,410	1,467	1,526	1,585	1,646	1,708	1,770	1,834	1,898	1,964	2,030	2,098	2,166	2,235	2,306	2,377	2,449	2,523
22	1,487	1,547	1,609	1,672	1,736	1,801	1,867	1,934	2,002	2,071	2,141	2,212	2,285	2,358	2,432	2,507	2,583	2,661
23	1,564	1,628	1,693	1,759	1,827	1,895	1,964	2,035	2,107	2,179	2,253	2,328	2,404	2,481	2,559	2,638	2,718	2,799
24	1,642	1,710	1,778	1,847	1,918	1,990	2,062	2,137	2,212	2,288	2,366	2,444	2,524	2,605	2,687	2,770	2,854	2,939
25	1,721	1,791	1,863	1,936	2,010	2,085	2,161	2,239	2,318	2,398	2,479	2,561	2,645	2,729	2,815	2,902	2,991	3,080
26	1,800	1,874	1,948	2,025	2,102	2,181	2,260	2,342	2,424	2,508	2,593	2,679	2,766	2,855	2,945	3,036	3,128	3,221
27	1,880	1,956	2,034	2,114	2,195	2,277	2,360	2,445	2,531	2,618	2,707	2,797	2,888	2,981	3,075	3,170	3,266	3,364
28	1,959	2,039	2,121	2,204	2,288	2,374	2,461	2,549	2,639	2,730	2,822	2,916	3,011	3,107	3,205	3,304	3,405	3,507
29	2,040	2,123	2,208	2,294	2,382	2,471	2,561	2,653	2,747	2,842	2,938	3,035	3,134	3,235	3,337	3,440	3,544	3,650
30	2,121	2,207	2,295	2,385	2,476	2,569	2,663	2,758	2,856	2,954	3,054	3,156	3,259	3,363	3,469	3,576	3,685	3,795
31	2,202	2,292	2,383	2,476	2,571	2,667	2,765	2,864	2,965	3,067	3,171	3,276	3,383	3,492	3,601	3,713	3,826	3,940
32	2,283	2,376	2,471	2,568	2,666	2,766	2,867	2,970	3,075	3,181	3,288	3,398	3,508	3,621	3,735	3,850	3,967	4,086
33	2,365	2,462	2,560	2,660	2,762	2,865	2,970	3,076	3,185	3,295	3,406	3,519	3,634	3,751	3,869	3,988	4,110	4,232
34	2,447	2,547	2,649	2,752	2,858	2,964	3,073	3,183	3,295	3,409	3,525	3,642	3,761	3,881	4,003	4,127	4,252	4,379
35	2,530	2,633	2,738	2,845	2,954	3,064	3,177	3,291	3,407	3,524	3,644	3,765	3,887	4,012	4,138	4,266	4,396	4,527
36	2,613	2,719	2,828	2,938	3,051	3,165	3,281	3,399	3,518	3,640	3,763	3,888	4,015	4,144	4,274	4,406	4,540	4,676
37	2,696	2,806	2,918	3,032	3,148	3,266	3,385	3,507	3,630	3,756	3,883	4,012	4,143	4,276	4,410	4,546	4,685	4,825
38	2,780	2,893	3,009	3,126	3,246	3,367	3,490	3,616	3,743	3,872	4,003	4,136	4,271	4,408	4,547	4,687	4,830	4,974
39			3,099	3,220	3,344	3,469	3,596	3,725	3,856	3,989	4,124	4,261	4,400	4,541	4,684	4,829	4,976	5,124
40								3,834	3,969	4,106	4,245	4,387	4,530	4,675	4,822	4,971	5,122	5,275

Ek Tablo 3'ün Devamı

Göğüs Çapları (cm)																			
Boy (m)	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Kabuklu Gövde Hacmi (m ³)																			
20	2,456	2,527	2,599	2,671	2,745	2,819	2,895	2,971											
21	2,597	2,672	2,748	2,825	2,903	2,981	3,061	3,142	3,223	3,306	3,389	3,474	3,559	3,645	3,732	3,820	3,909	3,998	4,089
22	2,739	2,818	2,898	2,979	3,061	3,145	3,229	3,314	3,400	3,487	3,575	3,664	3,754	3,844	3,936	4,029	4,123	4,217	4,313
23	2,882	2,965	3,049	3,135	3,221	3,309	3,397	3,487	3,577	3,669	3,761	3,855	3,949	4,045	4,142	4,239	4,338	4,437	4,538
24	3,026	3,113	3,202	3,291	3,382	3,474	3,567	3,661	3,756	3,852	3,949	4,047	4,147	4,247	4,348	4,451	4,554	4,659	4,765
25	3,170	3,262	3,355	3,449	3,544	3,640	3,737	3,836	3,936	4,036	4,138	4,241	4,345	4,450	4,557	4,664	4,772	4,882	4,992
26	3,316	3,412	3,509	3,607	3,707	3,807	3,909	4,012	4,116	4,222	4,328	4,436	4,545	4,655	4,766	4,878	4,992	5,106	5,222
27	3,462	3,563	3,664	3,767	3,870	3,975	4,082	4,189	4,298	4,408	4,519	4,632	4,745	4,860	4,976	5,093	5,212	5,332	5,452
28	3,610	3,714	3,820	3,927	4,035	4,144	4,255	4,367	4,481	4,595	4,711	4,829	4,947	5,067	5,188	5,310	5,433	5,558	5,684
29	3,758	3,866	3,976	4,088	4,200	4,314	4,430	4,546	4,665	4,784	4,905	5,027	5,150	5,275	5,400	5,528	5,656	5,786	5,917
30	3,906	4,019	4,134	4,249	4,367	4,485	4,605	4,726	4,849	4,973	5,099	5,226	5,354	5,483	5,614	5,746	5,880	6,015	6,151
31	4,056	4,173	4,292	4,412	4,534	4,657	4,781	4,907	5,035	5,163	5,294	5,425	5,559	5,693	5,829	5,966	6,105	6,245	6,387
32	4,206	4,327	4,451	4,575	4,701	4,829	4,958	5,089	5,221	5,355	5,490	5,626	5,764	5,904	6,045	6,187	6,331	6,476	6,623
33	4,357	4,483	4,610	4,739	4,870	5,002	5,136	5,271	5,408	5,547	5,687	5,828	5,971	6,115	6,261	6,409	6,558	6,709	6,861
34	4,508	4,639	4,771	4,904	5,039	5,176	5,315	5,455	5,596	5,739	5,884	6,031	6,179	6,328	6,479	6,632	6,786	6,942	7,099
35	4,660	4,795	4,931	5,070	5,209	5,351	5,494	5,639	5,785	5,933	6,083	6,234	6,387	6,542	6,698	6,856	7,015	7,176	7,339
36	4,813	4,952	5,093	5,236	5,380	5,526	5,674	5,823	5,975	6,128	6,282	6,438	6,596	6,756	6,917	7,080	7,245	7,411	7,579
37	4,966	5,110	5,255	5,403	5,552	5,702	5,855	6,009	6,165	6,323	6,482	6,644	6,807	6,971	7,138	7,306	7,476	7,647	7,821
38	5,120	5,268	5,418	5,570	5,724	5,879	6,036	6,195	6,356	6,519	6,683	6,850	7,018	7,187	7,359	7,532	7,708	7,885	8,063
39	5,275	5,427	5,582	5,738	5,896	6,057	6,219	6,382	6,548	6,716	6,885	7,056	7,229	7,404	7,581	7,760	7,940	8,123	8,307
40	5,430	5,587	5,746	5,907	6,070	6,235	6,401	6,570	6,741	6,913	7,088	7,264	7,442	7,622	7,804	7,988	8,174	8,361	8,551

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAKIR, Celal Yavuz
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 10/10/1979 - Of
Medeni hali : Evli
Telefon : 05053944827
e-mail : cyavuzcakir@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	AÇÜ/Orman Mühendisliği Bölümü	2003
Lise	Şehit Ahmet Türkkkan Çok Programlı Lise-Şat	1996

Yabancı Dil

İngilizce