

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURDUR-PAMUCAK YÖRESİ DOĞAL KIZILÇAM
MEŞCERELERİ İÇİN MEŞCERE BOY EĞRİLERİNİN
MODELLENMESİ**

Sahra KARAKAŞ

**Danışman
Prof. Dr. Serdar CARUS**

ISPARTA - 2024



© 2024 [Sahra KARAKAŞ]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezime ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

29/01/2024

Sahra KARAKAŞ

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Kızılçam türüne ait genel bilgiler.....	16
3.1.1.1. Doğal yayılışı ve botanik özellikleri	16
3.1.1.2. Ekolojik özellikleri.....	17
3.1.1.3. Silvikültür özellikleri	18
3.1.2. Çalışma alanına ait bilgiler	18
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1. Örnek alanlarda yapılan ölçüm ve tespitler.....	19
3.2.2. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistik analizi	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Çap-Boy Modelleri.....	26
4.1.1. İki parametrelili çap-boy modelleri.....	29
4.1.2. Üç parametrelili çap-boy modelleri.....	30
4.1.3. Dört parametrelili çap-boy modelleri.....	31
4.2. Çap-Boy Modellerinin Ağaç Türü ve Yetiştirme Biçimi Uygunluklarının Karşılaştırılması.....	33
4.3. Örnek Alan Verilerinin Sınıflandırılması.....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	41
EKLER.....	48
EK A. Haritalar	49
EK B. Çizelgeler	50
EK C. Fotoğraflar.....	52
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURDUR-PAMUCAK YÖRESİ DOĞAL KIZILÇAM MEŞCERELERİ İÇİN MEŞCERE BOY EĞRİLERİNİN MODELLENMESİ

Sahra KARAKAŞ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Serdar CARUS

Bu çalışmada, Burdur-Pamucak yöresinde yer alan doğal yoldan gelmiş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinden 74 örnek alan verisi ile literatürde çok kullanılan toplam 20 adet meşcere boy eğrisi modelinin uygunluğu test edilmiştir. Araştırmada, örnek alan verileri iki alt grupta, birinci grup (n=50 ve yaklaşık %70) model geliştirmek için, ikinci grup ise (n=24 ve yaklaşık %30) geliştirilen modellerin test edilmesi için kullanılmıştır. Meşcere boy eğrisi modelleri parametre sayısı bakımından iki (n=7), üç (n=10) ya da dört parametrelili (n=3) gruba ayrılmış ve tek ağaç boyu tahminlerindeki performansları, altı farklı ölçüt (Ortalama mutlak hata, Maksimum mutlak hata, Hata karelerinin ortalamasının karekökü, Korelasyon katsayısı, Ortalama hata ve Akaike bilgi ölçütü) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Test edilen modeller içinde en başarılı sonuçlar sırasıyla, 3 Parametrelili Seber- Wild, 3 Parametrelili Seber- Wild ve 4 Parametrelili Zeide tarafından geliştirilen modeller ile elde edilmiştir. Bağımsız veri seti ile yapılan değerlendirmede de yakın sonuçlar bulunmuştur. Çalışmada başarılı modellerin regresyon denklemi kullanılarak, Pamucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan benzer özelliklere sahip doğal kızılçam meşcereleri için göğüs çapı yardımıyla tek ağaç boyunun güvenle tahmin edilmesi mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, Çap, Boy, Meşcere boy eğrisi, Meşcere

2024, 53 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

MODELING OF STAND HEIGHT CURVES FOR NATURAL BRUTIAN PINE STANDS IN BURDUR-PAMUCAK REGION

Sahra KARAKAŞ

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Forest Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Serdar CARUS

In this study, a total of 20 diameter-height (d-h) models were tested using 74 sample field data taken from natural Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in the Burdur-Pamucak region. The sample area data was divided into two groups, the first group (n= 50 and nearly 70%) was used to develop models, and the second group (n=24 and nearly 30%) was used to test the developed models. The performances of the developed diameter-height models with two (n=7), three (n=10) or four parameters (n=3) in height estimation were compared using six different criterion values. The most successful results were obtained with the 3-parameter models developed by Seber-Wild, Seber-Wild and 4- parameter model, Zeide, respectively. Similar results were obtained in the evaluation using an independent data set. By using the regression equation developed in this study, it is possible to estimate single tree height with the help of breast height diameter for natural Brutian pine stands with similar characteristics within the region of Pamucak Forest Directorate.

Key Words: *Pinus brutia*, Diameter, Height, Stand height curve, Stand

2024, 53 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin y¼r¼t¼lmesinde başından sonuna kadar yardımcı olan danışmanım sayın Prof. Dr. Serdar CARUS'a teőekk¼rlerimi sunarım.

Pamucak y¼resinde alınan deneme alanları için yapılan arazi çalışmalarında bana yardımcı olan kıymetli Pamucak Orman İşletme Őefi Nimet ERAY'a teőekk¼r ederim.

Y¼ksek lisans derslerinde ve tez çalışmasının yazım aşamasında bana yardımcı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL ve Arş. G¼r. Burak KOPARAN'a teőekk¼r ederim.

Tezimin her aşamasında bana yardım ve desteğini esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sahra KARAKAŞ
ISPARTA, 2024

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kızılcâmın Türkiye'deki doğal yayılış alanları	17
Şekil 3.2. Çalışma alanının konumu	19
Şekil 3.3. Çalışma alanındaki kızılcâm türüne ve ölçümlere ait görsel.....	20
Şekil 3.4. Örnek alanlardan birkaçının meşcere haritasında gösterilmesi	20
Şekil 3.5. Ağacın gövde kesitine ait yıllık halkalar.....	21
Şekil 4.1. Örnek ağaçların çap ile boy ölçümleri ile model (a), test (b) ve tüm veri (c) grubu için oluşturulan çap-boy dağılımları.....	26
Şekil 4.2. Tahmin edilen boy (m1 nolu model) ile test grubu ile test grubu ölçülen boy değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları.....	30
Şekil 4.3. Başarılı bulunan m15 nolu d-h modelinin test materyali ile yapılan tahmini boy değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları.....	31
Şekil 4.4. Başarılı bulunan m19 nolu d-h modeli ile tahmin edilen boy değerleri ile test değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları	32
Şekil 4.5. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımı.....	35
Şekil 4.6. Örnek alanların bonitet sınıflarına göre dağılımı.....	36
Şekil 4.7. Örnek alanların yükseltiye göre dağılımı.....	36
Şekil A.1. Örnek alanların alındığı bölme numaralarının (kırmızı çember içerisindeki) gösterildiği meşcere haritası.....	49
Şekil C.1. Örnek alanlardan birine ait görsel.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye ormanları ve kızılçam ormanlarının durumu.....	1
Çizelge 3.1. Çap-boy modellerini geliştirmek ve test etmek için kullanılmış örnek ağaçlara ilişkin bazı istatistikler	21
Çizelge 3.2. Çap-boy modellerinin geliştirilmesi için kullanılan değişik parametrelili modeller.....	22
Çizelge 3.3. Geliştirilen d-h modellerini test etmek için kullanılan ölçütler	23
Çizelge 4.1. Geliştirilen d-h modellerine ilişkin regresyon katsayıları.....	27
Çizelge 4.2. Geliştirilen d-h modellerine ilişkin ölçüt değerleri ve başarı sıralaması.....	28
Çizelge 4.3. Test veri seti ile başarılı modellerin başarı ölçüt değerleri	29
Çizelge 4.4. Başarılı modellerin tüm veriler ile tahmin edilen parametre değerleri.....	33
Çizelge 4.5. Geliştirilen d-h modellerinin bazı ağaç türlerine göre başarı sıralaması.....	34
Çizelge 4.6. Çalışma alanının işletme sınıflarındaki yaş sınıfları.....	35
Çizelge 4.7. Bonitet alanları ana fonksiyon dağılımları.....	36
Çizelge B.1. Örnek alanların bazı amenajman, dendrometrik ve yetiştirme ortamı verileri.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a,b,c,d	Regresyon katsayısı
AIC	Akaike bilgi ölçütü
cm	Santimetre
d, d _{1.30}	Göğüs çapı (cm)
h	Ağaç boyu (m)
ha	Hektar (10000 m ²)
ln	Doğal logaritma
m ²	Metrekare
MMH	Maksimum mutlak hata
n	Gözlem sayısı (Adet)
OH	Ortalama hata
OMH	Ortalama mutlak hata
p	Parametre sayısı
R	Korelasyon katsayısı
RMSE	Hata kareler ortalamasının karekökü
ton	Ağırlık birimi (1000 kg)

1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışına eşdeğer olarak orman ve orman ürünlerine olan talepte giderek artmaktadır. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), yayılış alanı, artım ve büyüme özellikleri, odun hacim miktarı ve odununun farklı kullanım alanlarına sahip olmasının yanı sıra ekonomik değeriyle de ülkemizin asli orman ağaç türlerimizden birisidir (Anonim, 2015).

Ülkemiz 22 933 000 hektarlık bir orman alanına sahip olup, bu alan ülke genelinin %29.4'üne karşılık gelmektedir. Ülkemiz için önemli bir tür olan kızılçam ağaç türü meşe (*Quercus spp.*)'lerden sonra ikinci, iğne yapraklı ağaç türleri içinde ise en geniş yayılış alanını oluşturmaktadır. Kızılçam ormanlarının genel orman varlığındaki payı %22.74 oranındadır (OGM, 2021).

Ülkemiz ormanlarının, 21.7 milyon ha alan kaplayan %46.7'lik kısmı verimsiz gruptadır (OGM, 2015). Bu alanlar içerisinde kızılçam 5 854 673 ha yayılış alanı ile ülkemizde en geniş doğal yayılışa alanına sahip ağaç türüdür (Saatçioğlu, 1976; Asmaz, 1993). Ancak kızılçam ormanlarının %45.2'si bozuk kapalı yani verimsiz niteliktedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye ormanları ve kızılçam ormanlarının durumu (OGM, 2015)

	Normal kapalı		Bozuk kapalı		Toplam
	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%	
Türkiye	11 558 668	53.3	10 119 466	46.7	21 678 134
Kızılçam	3 207 914	54.8	2 646 759	45.2	5 854 673

İnsanların bilinçsiz bir şekilde ormanlardan yararlanmaları sonucunda dünyamızdaki orman kaynaklarının azalması ve doğal dengenin bozulması sorunu ortaya çıkmıştır. Zamanla, ormanların daha düzenli bir işletmeye sokulması düşüncesi ortaya çıkmıştır (Kalıpsız, 1982). Bununla birlikte, son yıllarda orman amenajman planlarının düzenlenmesinde ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımında farklı ağaç türü, yetişme ortamı ve meşcere sıklığı olan meşcereler için belirlenmelidir (Çepel, 1984; Özçelik ve Çapar, 2014). Örneğin, meşcere simülasyon programında çap-boy modelleri ile meşcerede ağaçların ve toplamı olarak da meşcerenin belirli zaman periyotlarındaki hacmini belirlemede tek ağaç boyu tahmini edilmektedir (Carus,

1998). Büyüme ve gelişmeleri gösteren bu altlıklar bazı çalışmalar sayesinde hazırlanmakta ve daha doğru hacim ve biyokütle tahminleri yapılabilmektedir.

Orman yönetiminde gerçeğe daha yakın olarak yapılan tahminler sayesinde daha başarılı sonuçlar alınmakta ve sürdürülebilir orman yönetimi anlayışı uygulanabilmektedir. Orman varlığımızı arttıran ve optimum fayda ile gerek iç pazara gerekse dış pazara orman ürünleri satışı yapabilen bir ülke konumunda olduğumuzu görmek sevindirici olmakla beraber, orman varlığımızın değeri konusunda çap-boy modelleri ile meşcerede çıkartılacak orman emvalini en doğru şekilde hesaplanması gerekmektedir.

Ülkemizde asli orman ağaçlarımız için ulusal anlamda çeşitli çap-boy modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller genel anlamda söz konusu tür ile ilgili bilgiler vermektedir. Ancak, bu modelleri bölge veya yöre bazında incelediğimizde tahmin oranı azalmaktadır. Bu nedenle asli orman ağacı olarak sayılan türlerimiz için yöresel çap-boy modelleri geliştirilmelidir (Carus, 1998).

Çap-boy modellerinin geliştirilmesinde ya i) doğrusal modeller (yüksek doğruluk düzeyi istenmeyen az veri içeren çalışmalar) ya da ii) doğrusal olmayan modeller (çok sayıda veriye dayanan esnek nitelikte) kullanılmaktadır (Arabatzis ve Burkhart, 1992; Huang vd., 1992). Çap-boy modelleri ülkemiz ormancılığında, hasılat çalışmaları, büyüme tahminleri, simülasyon çalışmaları, bonitet endeks modelleri, biyokütle tahmini ve orman zararlılarının etkilerinin belirlenmesi gibi birçok alanda faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır.

Yurt dışında değişik ağaç türlerinde çok sayıda çap-boy (d-h) denklemi geliştirilmiştir (Wykoff vd., 1982; Colbert vd., 2002; Castedo Dorado vd., 2006). Ancak, ülkemizde oldukça sınırlı sayıda ağaç türü ve meşcere kuruluşları için d-h regresyon denklemleri oluşturulmuştur (Sönmez, 2009; Mısır, 2010; Çatal, 2012; Diamantopoulou ve Özçelik, 2012; Özçelik ve Çapar, 2014).

Kızılcım türünün araştırma konusu olarak seçilmesinde; türün ekonomik değerinin olması, verimli nitelikte geniş alanlar kaplaması ve yöresel olarak elde edilecek bilgilerin, yöredeki çeşitli araştırmacı ve uygulamacılar tarafından kullanılması

potansiyeli vardır. Bu amaçla çalışmamızda, Burdur- Pamucak yöresinde doğal yoldan gelmiş aynı yaşlı kızılçam meşcereleri için meşcere boy eğrilerinin modellenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla literatürde sıklıkla kullanılan 20 adet d-h modeli oluşturulmuştur. Daha sonra da altı farklı başarı ölçüt değerleri kullanılarak hangi modelin verilere daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmamız 5 ana başlık altında toplanmıştır. Bu ana başlıklardan “Giriş” birinci bölümünde kızılçam ile ilgili genel bilgiler verilerek hazırlanan çalışmanın literatürdeki önemi ortaya konularak çalışmanın amacı, bilime ve uygulamaya katkısı üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde ise ‘Kaynak Özetleri’ başlığı altında meşcere boy eğrisinin modellenmesi ve önemi ana teması ile önemli ulusal ve uluslararası literatür kısaca belirtilmiştir.

“Materyal ve Yöntem” başlığı altında ise, araştırmada kullanılan materyallerden sağlanan bilgilerin toplanması ve değerlendirilme yöntemleri açıklanmıştır. Alınan örnek alanların sayısı ve genel özellikleri verilmiştir. Ayrıca, toplanan verilerle yapılan temel istatistik analizler açıklanmıştır.

“Araştırma Bulguları ve Tartışma” bölümünde ise; çalışmada toplanan veriler kullanılarak çeşitli temel istatistikler ortaya konulmuş, temel istatistik analizler yapılmıştır. Analizler sonuçları çeşitli çizelge ve şekiller ile verilmiştir. Sonuçlar ulusal ve uluslararası literatür ile kıyaslanmıştır.

“Sonuç ve Öneriler” bölümünde ise; araştırma bulguları ve tartışma bölümünden elde edilen sonuçlar özet halinde verilmiş olup araştırmacı ve uygulamacılara öneriler de verilmiştir. Çalışmada ulaşılmak istenen amaçlara tam olarak ulaşıp ulaşılmadığı veya amacın ne kadarlık bir kısmına ulaşılabildiği de verilmiştir. Ayrıca, çalışmada yararlanılan ulusal ve uluslararası nitelikli literatür de kaynaklar bölümünde verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ülkemizde ve uluslararası bilim dünyasında farklı ağaç türleri için, farklı yöre ve bölgelerde geliştirilmiş çap-boy modelleri bulunmaktadır. Bu sebeple, günümüze kadar yapılan bilimsel çalışmalar ulusal ve uluslararası olmak üzere ayrı ayrı kronolojik sırada özet olarak aşağıda verilmiştir.

Ulusal kaynak özetleri aşağıda belirtilmiştir.

Çatal (2009), Batı Akdeniz yöresinde aynı yaşlı saf ve doğal kızılçam meşcereleri için bir artım ve büyüme simülasyonu geliştirmiştir. Kızılçamda tek ağaç ve meşcere düzeyinde artım ve büyümeyi meşcere yaşı, bonitet sınıfı ve sıklık dereceleri için modellemiştir.

Mısır (2010), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı Titrek kavak (*Populus tremula* L.) meşcerelerinde geliştirilmiş çap-boy modelleri geliştirilmiştir. 46 farklı örnek alandan alınan 1385 ağaçta gövde analizi ölçümleriyle 4 tekrarlı ölçüm yapılarak 5540 adet çap ve boy verisi elde edilmiştir. Tek ağaç çapı ve meşcere parametrelerinin de eklendiği 11 adet farklı model, boy tahmini için test edilmiştir. 2 parametrelili Weibull modeli (m7) en başarılı model olur iken Power (m5) en başarısız model olmuştur. Buna karşın 3 parametrelili olanlardan en başarılı model olarak Exponential (m16) ve Weibull (m11) tespit edilmiştir. Genelleştirilmiş çap- boy modeline göre de test edilen modeller arasında en iyi sonuçları Schnute (1981) modeli ve bağımsız değişkenler olarak çap, meşcerenin dominant çapı ve üst boyunu içeren model ile elde etmiştir.

Çatal (2012), Akdeniz'e geçiş bölgesi olarak bilinen Isparta ilinde yer alan ve ağaçlandırma yolu ile yetiştirilmiş olan yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold), ve Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) türleri için çap boy modelleri geliştirmiştir. Model geliştirmek için ise Monserud (1975) tarafından önerilen modeli baz alan araştırmacı, yalancı akasya, karaçam ve Toros sediri için modellerin belirtme katsayılarını (bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama yüzdesi) sırasıyla %91.6, %75.3 ve %72.9 olarak bulmuştur. Bu değerler de istatistiksel açıdan önemlidir. Geliştirilen regresyon denklemlerinin aynı koşullara sahip olan diğer meşcerelerde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ercanlı vd. (2012), Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü' ne bağlı Torul, Maçka ve Sürmene Orman İşletme Müdürlüğü' deki doğal yoldan gelmiş Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde alınan 106 örnek alan verisi ile çap- boy modelleri geliştirilmiştir. Verinin yaklaşık %81' i (88 örnek alan) model geliştirme ve yaklaşık %19' u (20 örnek alan) geliştirilen modellerin test edilmesi için iki gruba ayrılmıştır. Çap- boy denklemlerinin oluşturulmasında, "Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Regresyon Modelleri" yöntemi kullanılmıştır. Schnute (1981), Huang vd. (2009), Wykoff vd. (1982) modelleri oluşturulmuş ve modellerin başarı durumları AIC, BIC ve R² ölçütlerine göre karşılaştırılmıştır. En başarılı Schnute (1981)'in modeli bulunmuş ve tek ağaçların boy tahminindeki değişimin yaklaşık %95'ini (R²=0.95) açıklamıştır.

Özçelik ve Çapar (2014), Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için göğüs çapı ve bazı meşcere özelliklerini bağımsız değişken olarak kullanılarak geliştirilmiş d-h modelleri geliştirmişlerdir. Sık kullanılan 16 adet geliştirilmiş çap- boy modeli için 59 örnek alan (50'si model geliştirmek ve 9 adeti modeli test etmek için) te alınmıştır. Geliştirilen modellerin performansları altı ölçüt değeri ile kıyaslanmıştır. Pienaar (1991), Sloboda vd. (1993) ve Sharma ve Parton (2007) modellerinin başarılı olduğu belirtilmiştir.

Özçelik vd. (2014), Batı Akdeniz Bölgesi'nde doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı kızılçam, karaçam ve Toros sediri meşcereleri için ekorejyon tabanlı doğrusal olmayan ekstra kareler yöntemi ile üç farklı ekolojik bölge için ayrı ayrı olmak üzere her bir tür için ayrı ayrı çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Chapman-Richards modelinin bu önemli üç asli ağaç türümüz için diğer modellere göre daha başarılı sonuçlar verdiği açıklanmıştır.

Ercanlı vd. (2015), Kestel Bursa yöresindeki doğal yollarla gelmiş, saf ve aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcereleri için geliştirilmiş çap-boy modellerini test etmiştir.

Göçer (2016), Antalya yöresi doğal yoldan gelmiş aynı yaşlı ve saf Toros sediri meşcereleri için çap-boy modelleri geliştirmek amacıyla 88 örnek alanda ölçüm yapmıştır. Örnek alanların %80'i model geliştirmek ve gerisi de modeli test için

kullanmıştır. Karışık etkili modelleme yaklaşımıyla, model tesadüfi ve sabit etkili parametreleri de içerecek şekilde doğrusal forma dönüştürülmüştür. Çalışmada farklı kalibrasyon alternatifleri test edilmiştir. Sonuçta eğer kalibrasyon örnek alan düzeyinde ise 3 ağaç, meşcere düzeyinde ise 10 ya da daha fazla örnek ağacın alınmasının uygun olduğu belirtilmiştir.

Carus ve Çatal (2017), Ağlasun yöresinde yapay kızılçam meşcerelerinde çap-boy modellemesi yapmışlardır. Yöredeki orta yaşlı (yaş=43 yıl) yapay kızılçam meşceresinde 52 adet örnek alan verisi (%80'i model geliştirme ve %20'si test verisi) kullanılarak 20 farklı basit çap-boy modelinin geliştirildiği ve başarılarının 6 farklı ölçüt ile karşılaştırıldığı çalışmada en başarılı sonuçlar sırasıyla Korf, Sibbesen ve Meyer tarafından geliştirilen modelleri ile elde edilmiştir.

Carus ve Akguş (2018), 20 farklı çap-boy modelini test ederek Tarsus'da yer alan fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırmalarında kullanılmak üzere çap-boy modeli geliştirmişlerdir. Yöredeki ilgili türün ağaçlandırma sahalarında en uygun çap-boy modellerinin sırasıyla Prodan, Sibbesen ve Ratkowsky olduğunu bildirilmiştir.

Carus ve Çatal (2018), Orta Karadeniz Bölgesi aynı yaşlı, saf ve doğal yoldan gelmiş Doğu kayını meşcereleri için genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Sinop yöresinde (Ayancık, Türkeli ve Erfelek Orman İşletme Şefliklerinde) 54 adet örnek alan verisiyle 36 adet farklı model test edilmiştir. Toplam 1 015 adet ağaçta çap boy ölçümleri yapılırken her bir örnek alanda da meşcere yaşı, orta çap, göğüs yüzeyi, maksimum çap, üst çap, üst boy, orta boy, ağaç sayısı ve bonitet endeksi gibi meşcere değişkenleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 6 ölçüt değerlendirmesine göre en başarılı modeller sırasıyla Cox IIa, Bennet-Clutter ve Richards modellerinin olduğu belirtilmiştir.

Akış (2019), tarafından yürütülen bir çalışmada, Tarsus yöresinde dikim yoluyla getirilmiş olan saf fıstıkçamı meşcerelerinden elde edilen 309 örnek alan verisi kullanılarak 932 hektarlık bir alanı kapsayan ve 1980 yılında oluşturulan meşcerelerde genelleştirilmiş 36 adet çap-boy (d-h) modeli test edilmiştir. Örnek alan verilerinin %80'i model geliştirmek ve geriye kalan %20'si ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Ercanlı ve Eyüboğlu (2019), Bursa ilinde aynı yaşı, saf göknar (*Abies spp.*) meşcerelerinde çap-boy modellerini karşılaştırmışlardır. 60 adet örnek alanda bulunan 548 ağaçtan veri elde etmişlerdir. Doğrusal olmayan model performansları ile karışık etkili doğrusal olmayan modeller ve otoregresif modellerin model performansları 5 farklı başarı ölçütü ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda doğrusal olmayan modellerde ortaya çıkan otokorelasyon sorununu, karışık etkili doğrusal olmayan modellerde ve otoregresif modellerde gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

Ercanlı (2020), Konya Orman İşletme Müdürlüğü karaçam meşcereleri için yapay sinir ağları yöntemiyle çap-boy ilişkileri araştırılmıştır.

Koparan (2021), Bilecik yöresi doğal ve karışık meşe meşcereleri için çap-boy modelleri geliştirmiştir. Bu amaçla 70 adet örnek alanda toplam 2 339 adet ağaçta çap-boy ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan veriler, gruplardan biri model geliştirmek, diğer grup ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Doğal karışık meşe meşcereleri için öncelikle en uygun temel çap-boy modelinin belirlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan bazı çap-boy modelleri test edilmiştir ve en uygun çap-boy modeli olarak Gompertz modeli bulunmuştur. İkinci aşamada bazı genelleştirilmiş çap-boy modelleri test edilmiştir. Üçüncü aşamada ise en başarılı basit çap-boy modeli ve bazı meşcere değişkenleri (göğüs yüzeyi, hektardaki ağaç sayısı, meşcere orta çapı, dominant çap ve dominant boy) kullanılarak yöre için genelleştirilmiş çap-boy modeli geliştirilmiştir. Son aşamada ise, bu model ile karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak çap-boy modeli geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen en başarılı basit model olan M7 Gompertz, genelleştirilmiş model olan GM19 (Sharma ve Parton, 2007) modelin Bilecik Yöresi doğal ve karışık meşe meşcerelerinde güvenilir boy tahminleri için kullanılabileceğini belirtmiştir.

Bolat vd. (2022), Çanakkale-Dumanlı yöresi Macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) meşcereleri için çap-boy modelleri geliştirilmiştir. En başarılı bulunan doğrusal olmayan çap-boy modelinin tek ağaç boyu tahminindeki varyansın yaklaşık %80'ini göğüs çapından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Seki (2022), Karabük-Cemaller yöresinde yayılış gösteren karaçam–kızılcıam meşcereleri için çap-boy ilişkileri incelenmiş ve en iyi sonuçlar her iki tür için de Pearl ve Reed (1920) modeli ile elde edildiği belirtilmiştir.

Seki ve Sakıcı (2022), Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yürütülen bir çalışmada, karaçam meşcereleri için ekorejyon temelli 9 adet çap-boy modeli geliştirmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, karaçam için çap-boy ilişkisini Richards (1959) tarafından ve daha sonra Sharma ve Parton (2007) tarafından modifiye edilen çap-boy modeli açıklamıştır. En başarılı olarak seçilen modelde, bağımsız değişkenler olarak çap ve meşcere özellikleri (üst boy, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi) kullanılmıştır.

Gürgün (2023), Yüksek lisans tez çalışmasında Tokat-Almus yöresi Doğu kayını meşcereleri için çap-boy modelleri geliştirmiştir. 68 adet örnek alanda 2 392 adet ağaçta çap-boy ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan veriler, gruplardan biri model geliştirmek (39 adet), diğeri ise geliştirilen modellerin test edilmesi (39 adet) amacıyla kullanılmıştır. Chapman-Richards, Weibull, Gompertz, Exponential, Korf/Lundqvist, Hyperbolic, Logistic ve Power modellerini esas alınarak geliştirilen çap-boy modellerinden 2 parametrelili (m1, m5, m6 ve m7) ve 3 parametrelili modellerin (m10, m11, m12, m15 ve m16) test edilmesi için de dört farklı ölçüt değerleri kullanılmış ve en uygun modelinin Gompertz modeli (m12) olduğu görülmüştür. Modellerin başarı sırası 3 parametrelili modellerde daha iyi olup, başarı sırası iyiliği de Exponential (m16), Chapman-Richards (m10), Weibull (m11) şeklinde olmuştur. 2 parametrelili olan Hyperbolic model (m6) ve Exponential model (m7) ise son sırada yer almıştır.

Şen (2023), Tosya-Kastamonu yöresindeki çeşitli yaşlardaki göknar-sarıçam meşcereleri için çap-boy modelleri geliştirmek amacıyla 70 örnek alanı model oluşturmak ve 30 örnek alanını ise geliştirilen modelin testi için kullanmak üzere bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Uluslararası kaynak özetleri aşağıda belirtilmiştir.

Dolph (1989), Güney Oregon ve California'daki Kızıl göknar (*Abies magnifica* A. Murr.) meşcereleri için çap-boy denklemleri geliştirmiştir. Çalışmada meşcerelerin 120 yaşı geçmeyen ve toplamda 56 örnek alanda rastgele seçilen ağaçlardan elde

edilmiştir. Çalışmada, ağaç boylarının modellenmesinde kullanılması için denklem 1 ve 2 en iyi sonuçları vermiştir. Fakat alan indeksi ve göğüs yüzeyi değerleri biliniyorsa, ağaç boyunu hesaplamak için denklem 3 ve 4'ün kullanılmasını önermiştir.

Arabatzis ve Burkharts (1992), çap-boy model geliştirmek için yeni bir yöntem olarak "S" ya da "Konkav" şeklindeki eğrileri kullanmışlardır. Araştırmacılar bu yöntemin model performanslarının başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Huang ve Titus (1992), Alberta yöresi çeşitli ağaç türleri için yaptıkları uygunluk testlerinde Chapman-Richards (m10), Weibull (m11) ve Logistic (m17) en iyi olur iken Exponential (m16) alt sıralarda yer almışlardır.

Parresol (1992), Kuzeybatı Amerika'da Amerikan Bataklik servisi (*Taxodium distichum* L.) türünde çap-boy denklemi geliştirmiştir. 26 farklı alandan 157 adet örnek üzerinde doğrusal olmayan modelleri denemiştir. Çalışmada homojenlik ve normallik testleri de yaptıktan sonra doğrusal olmayan regresyon modeli olan Model 2 ve Model 4'ün hem tek ağaç hem de meşcere bazında doğru tahminler verdiğini belirtmiştir.

Lappi (1997) ve Mehtatalo (2004), karışık etkili modellerin, aynı örnek alan içerisindeki ağaçlar arası zamansal ve zamansal olmayan korelasyonun hesaplamalarına olanak sağladığını bildirmişlerdir.

Zhang (1997), yaptığı çalışmada 10 ağaç türü için ağaç boyu-çap modelleri geliştirmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, literatürde de sıklıkla başarılı modeller olarak bilinen; Richdars, Schnute ve Weibull fonksiyonlarının diğerlerinden daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Fang ve Bailey (1998), Güney Çin'de Hainan adası tropikal ormanları için 33 adet çap-boy modelinin başarı durumunu araştırmışlardır. Exponential modeli (m16) biyolojik kanuniyete daha uygun bulmuşlardır. Dört parametrelili modelleri önermemişlerdir. Parametre tahmininde aşırı değerler alarak işlemi zorlaştırabilirler. 3 parametrelili olanlar için de Power, Exponential, Hyperbolic, Monomoleküler, Gompertz, Logictic, Weibull ve Chapman-Richards modelleri arasında en iyi Exponential model (m16)

olmuştur. 2 parametrelilerden Hyperbolic model (m6) Exponential ve Power'e göre daha iyi bulunmuştur. Çap ve boy yardımı ile çift girişli ağaç hacim tablolarıyla hacim tahmininde söz konusu modeller güvenle kullanılabilceği önerisinde bulunmuşlardır.

Huang (1999), Alberta'da *Pinus condorta* türünde ekolojik bölgeler için 25 farklı çap-boy modeli incelenmiş ve Chapman-Richards modeli en uygun olarak bulunmuştur. Ekolojik bölgelerin çap-boy modelleri önemli farklılıkları olduğu ortaya çıkmıştır.

Peng (1999), Ontario'nun kuzeyinde yer alan ormanlardaki asli ağaç türleri için geliştireceği çap-boy modeli için veriler elde etmiştir. Sabit alanlardan elde ettiği verilerin 1/10'unu modeli test etmek, 9/10'unu ise model geliştirmek için kullanmıştır. Araştırmacı Weibull, Schnute ve Chapman-Richards modellerinin boy tahmininde daha başarılı olduğunu bildirmiştir.

Huang vd. (2000), White spruce ağaç türünde 3 034 adet veriye dayanılarak test edilen çap-boy modelleri arasında 3 parametrelili ve 4 parametrelili modellerden sırasıyla m17 ve m18 daha uygun bulunmuştur.

Jayaraman (2001), Ontario'daki doğal yoldan gelmiş bazı akçağaç (*Acer spp.*) meşcerelerinde çap-boy ilişkilerini incelemiştir. Rastgele parametreler yaklaşımı ile sabit parametreler yaklaşımının da başarılı olduğu görülmüştür. Fakat rastgele parametreler modelinde hata fonksiyonlarının sapmalarının tahmin edilebilirliğinden dolayı, daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Lei ve Parresol (2001), gerçekleştirdikleri çalışmalar sonucunda özellikle, Schnute modelinin regresyon denklem katsayılarının bulunmasının kolaylığı ile daha uygun olduğu belirtilmektedir. Araştırmacılar çap-boy modellenmesinde kullanılan Bertalanffy, Schnute ve Richards fonksiyonlarında türetilen modelleri önermişlerdir.

Peng vd. (2001), 9 farklı ağaç türü için ayrı ayrı yaptıkları çap-boy modeli uygunluk testlerinde Chapman-Richards (m10), Weibull (m11) ve Exponential (m16) en iyi olur iken Logistic (m17) ve Korf/Lundgvist (m15) alt sıralarda yer almışlardır.

Colbert vd. (2002), 13 geniş yapraklı ağaç türü için çap-boy modelleri geliştirdikleri çalışmada, gerekli olan verileri 7 farklı nehir yakınında yayılış gösteren akçağaç, meşe, söğüt (*Salix* spp.), karaağaç (*Ulmus* spp.), çitlembik (*Celtis australis* L.), dişbudak (*Fraxinus* spp.) ve dut (*Morus* spp.) türlerinden elde etmişlerdir. Nehirlerin çevresinde 21 farklı örnek alan belirlenmiş ve tüm türler için doğrusal olmayan regresyon modelleri kullanılmıştır. Geliştirilen denklemler sayesinde göğüs yüksekliği çapı bilinen söz konusu türlerin boylarının tahmin edilmesinin, tüm alanda ölçüm yapmaktan daha az maliyetli olduğunu ve hata payının ise daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Monserud modelinin boy tahmini açısından daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Zhang vd. (2002), Kara ladin (*Picea mariana* Mill.) ve Banks çamı (*Pinus banksiana* L.) türleri için çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda geliştirilen modelin *Picea mariana* için %1-10 arasında hata yaptığını, *Pinus banksiana* için ise daha düşük yüzdeli hata verdiğini bildirmişlerdir.

Lopéz Sanchez vd. (2003), İspanya'nın Kuzeybatısındaki Sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) meşcereleri için geliştirilmiş (çap yanında bazı meşcere özelliklerini de içeren) çap-boy modeli geliştirmişlerdir. Veriler 182 adet sabit alandan elde edilmiştir. Toplanan 9686 ağaç verisiyle doğrusal ve doğrusal olmayan 26 farklı model geliştirilmiştir. Tomé modeli en uygun bulunmuştur.

Calama ve Montero (2004), İspanya'daki fıstıkçamı meşcereleri 455 adet örnek alandan toplamda 8 614 ağaçtan çap-boy verisi ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, rastgele katsayılı karma etkili modellerin, çap-boy modelleri performansında daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Peng vd. (2004), Ontario'da, ağaç türü olan Siyah ladin (*Picea mariana* Mill.) için Chapman-Richards büyüme modelinin kullanılarak ekolojik bölgeler için ayrı ayrı çap-boy denklemlerinin kullanılması halinde daha doğru boy ve dolayısıyla gerçeğe daha yakın hacim tahminleri yapılabileceğini belirtmektedir.

Lootens vd. (2007), Missouri bölgesindeki 12 farklı ağaç türü üzerinden geliştirdikleri modellerde, toplam ağaç boyu tahmin eden modelin kalibrasyonu hakkında bilgiler vermişlerdir.

Trincado vd. (2007), Taeda çamı (*Pinus teada*) meşcereleri için bölgesel düzeyde karışık etkili çap-boy modelleri geliştirmiştir. Çap-boy modellerinin oluşturulması amacıyla üssel fonksiyon modelinin sabit etkili ve tesadüfi parametreleri içerecek şekilde doğrusal bir forma dönüştürülmüştür. Yapılan kalibrasyon işlemi sonucunda, her örnek alan için tek bir örnek ağacın kullanılması durumunda, modellerin ek bir parametreye (meşcere sıklığı vb.) ihtiyaç duymayacağı gözlemlenmiştir.

Adame vd. (2008), karışık etkili çap-boy modeli geliştirmişlerdir. Araştırmacılar Pınal meşesi (*Quercus pyrenaica* Willd.) meşcerelerinden 24 267 adet ağaçtan çift çap ve ağaç boyu verisini toplamışlardır. 11 adet doğrusal olmayan modeli test eden araştırmacılar, hâkim boy ve meşcere göğüs yüzeyi değişkenlerini içeren modelin boy tahmin performansı açısından en başarılı model olduğunu bildirmişlerdir.

Vargas-Larretia (2009), Durango bölgesinde yer alan değişik yaşlı meşcereler için çap-boy modeli geliştirmiştir. Model geliştirirken rastgele katsayılı 7 farklı modeli test etmiştir. Yapılan çalışmalara sonucunda ise Sharma ve Parton modelinin en başarılı model olduğunu bildirmiştir.

Crecente-Campo vd. (2010), Galicia'da okaliptüs (*Eucalyptus globulus* Labill.) türü için genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Çalışma için gerekli olan veriler, 1 313 sabit örnek alanda yer alan 26 592 ağaçtan elde edilmiştir. 25 farklı model sabit ve tesadüfi etkili parametrelerle test edilmiştir. Modellerde en iyi sonuçlar, sabit etkili parametre olarak dominant boy ve dominant çapı temel alan modeller ile elde edilmiştir. Bu modeller ölçülen varyansın %83'ünü 2.5 m gibi küçük bir mutlak hata ile tahmin edebilmektedir.

Diamantopoulou ve Özçelik (2012), Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölgesi'nde Toros sediri, Toros göknarı (*Abies cilicica*) ve kızılçam türlerinde toplam ağaç boyunu tahmin edebilen modelleri değerlendirmiştir. Bu türlere ait çap-boy ilişkilerini ortaya koyan altı adet doğrusal olmayan model geliştirilmiştir. Geliştirilen modellere ek

olarak Genel Regresyon Sinir Ağı (GNRR) yöntemini de dahil ederek boy tahminindeki başarılarını karşılaştırmışlardır. Modellerin performansı incelenmiş ve yapay sinir ağları yaklaşımı ile geliştirilen modelin, doğrusal olmayan modellere göre daha başarılı tahminler yaptığı gözlemlenmiştir. Toros sediri, Toros göknarı ve kızılçam ağaç türlerinde çap- boy modellerinden önem arz eden Logistic (m17), Gompertz (m12), Korf/Lundqvist (m15), Chapman-Richards (m10), Weibull (m11) ve Exponential (m16) modellerin boy tahminindeki başarılarını test etmişlerdir. Toros sedirinde m17, m11, m15 en başarılı model olur iken m12 en başarısız model olmuştur. Toros göknarında m10, m12, m11 en iyi model olur iken m15 en kötü tahmin eden model olmuştur. Kızılçamda ise m10, m11, m17 en iyi model olur iken en kötü tahmin modeli m12 olmuştur.

Lhotka (2012), Alabama, Georgia ve Güney Carolina'da yayılış gösteren beş farklı tür için çap-boy modeli geliştirmiştir. Model için 447 örnek alandan 7 122 adet ağaç, 5 yıllık periyotta ölçülmüştür. Her bir tür için Chapman-Richards fonksiyonuna dayanan karışık etkili regresyon modeli kullanılmıştır. Model geliştirilirken temel ve eş değişkenli 2 tip denklem denenmiştir. İlk denklemde ağaçların çap değerleri üzerinden hesaplama yapılırken ikinci denklemde modele meşcere parametreleri de eklenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Model 6'nın en başarılı çap-boy tahminleri yaptığı görülmüştür.

Scaranello vd. (2012), Brezilya'nın Atlantik kıyısındaki yağmur ormanlarında bulunan asli orman ağaç türlerinde yükselti farklılıklarını temel alarak, bölgesel çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada iki yıl boyunca 13 ha alanda 268 adet ağacın 0, 100, 400 ve 1000 m yükseltideki çap ve boyları ölçülmüştür. Veriler doğrusal ve doğrusal olmayan 11 farklı çap-boy modelinde test edilmiştir. Bölgesel parametreler ile düzenlenen Chapman-Richards ve Weibull modellerinin modeller arasında çap-boy ve biyokütle tahmininde daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Ahmadi vd. (2013), İran'ın Hyrcanian ormanlarında Doğu kayını türü için çap-boy modelleri geliştirmiştir. Model geliştirmek için 605 adet ağaçtan veri toplamışlardır. Altı farklı doğrusal olmayan çap-boy modeli test edilmiştir. Test için Ortalama Kareler Hatası, Ortalama Hata, Akaike Bilgi Kriteri, Ortalama Fark, Mutlak Fark kriterlerine göre model başarısı belirlenmiştir. Test edilen modeller arasından küçük farklar da

olsa Chapman-Richards, Weibull ve Schnute modelleri diğer modellerden daha başarılı bulunmuştur. Wagle ve Sharma 2013, Weibull (m11), Chapman-Richards (m10) ve Logistic (m17) modelleri en uygun bulunmuşlardır.

López vd. (2013), Kolombiya'nın Atlantik kıyılarında, bölgenin önemli türlerinden olan *Okaliptus tereticornis* ağaç türünde bölgesel çap-boy modeli geliştirmişlerdir. 63 adet sabit örnek alandan veriler elde eden araştırmacılar, bu alanlarda 10 farklı bölgesel modeli, farklı meşcere sıklığı ve yaş sınıflarında test etmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda modeller arasında çok farklı sonuçlar ortaya çıkmasa da Krumland ve Wensel'e ait 3 parametrelilik model en iyi sonuçları vermiştir.

Lumbres vd. (2013), *Pinus kesiya* ağaç türü için yaptıkları uygunluk testlerinde Logistic (m17), Exponential (m16) ve Chapman-Richards (m10) en iyi olur iken KorfLundgvist (m15) ve Weibull (m11) alt sıralarda yer almışlardır.

Ahmadi ve Alavi (2016), İran Hyrcanian bölgesinde Doğu kayını için çap-boy modeli geliştirmişlerdir. Model geliştirmek için değişik yaşlı 75 örnek alanda bulunan 1 067 ağaçtan veri elde etmişlerdir. Elde edilen veriler ile Doğu kayını için 39 genelleştirilmiş çap-boy modelini test etmişlerdir. En başarılı model seçimi için göğüs çapı, dominant boy, hektardaki göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı değişkenlerinin içeren genelleştirilmiş modellerin daha başarılı tahminler yaptığını bildirmişlerdir.

Ferraz Filho vd. (2018), Brezilya'nın Santo-Bahia bölgelerinde bulunan ve önemli bir ticari tür olan okaliptüs plantasyonlarında çap-boy modelleri ile farklı sıklıklardaki plantasyonların üretebileceği hacmi hesaplamak için model geliştirmişlerdir. Model geliştirmek için 312 örnek alanda bulunan 85 608 adet okaliptüsten farklı yaş sınıfları ve sıklığa sahip plantasyonlardan veri toplamışlardır. Verileri sabit ve tesadüfi parametrelilik modeller ile test eden araştırmacılar, Model 3'ün diğer modellerden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Doyog vd. (2020), Filipinler'de *Parashorea malaanonan*, *Diplodiscus paniculatus* ve *Celtis luzonica* türleri için çap-boy modeli geliştirmişlerdir. Modellerde kullanılmak üzere üç türden toplam 542 adet çap-boy verisi elde edilmiştir. Elde edilen veriler altı adet doğrusal olmayan model ile test edilmiştir. P. malaanonan türü için Weibull

modeli en başarılı performansı göstermiştir. *D. paniculatus* ve *C.luzonica* için ise Korf-Lundqvist modeli, diğer modellere göre daha iyi tahminler yapmıştır.

Rodríguez-Ortiz vd. (2020), Meksika’da beş farklı çam türü için çap-boy modeli geliştirmek amacıyla müdahale görmüş meşcerelerde 1 041 örnek alandan 4 899 adet ağaçta çap ve boy ölçümü ile, Patula çamı, Oaxacana çamı, Ayacahuite çamı, Teocote çamı ve *Leiophylla* çamı türleri için genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Model 20 geliştirmek için beş farklı modeli, farklı başarı ölçütleri kapsamında karşılaştıran araştırmacılar; Patula, Oaxacana ve Ayacahuite çamı için Sharma ve Parton ait modelin, Teocote çamı için Nilson’a ait modelin ve *Leiophylla* çamı için ise Wang ve Tang tarafından geliştirilen modellerinin tür bazında çap ve boy tahmininde %73 ile %85 arasında başarılı tahminler yapmıştır.

Chenge (2021), Güneybatı Nijerya’da yayılış gösteren 100 farklı asli orman ağaç türünün çap-boy ilişkilerini açıklamak amacıyla çap-boy modelleri geliştirmiştir. Çalışmada ağaç türlerini üç gruba ayıran araştırmacı, ağaçlardan ölçtüğü verileri sekiz farklı basit model ve karışık etkili modelleme tekniği ile test etmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda karışık etkili modelleme tekniği ile geliştirilen üssel formdaki modelin kalibre edilmesi ile daha başarılı boy tahminleri yapılabildiği ifade edilmiştir.

Raptis vd. (2021), Yunanistan’ın Olympos Ulusal Parkı’nda karaçam türü için çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Model geliştirmek için 66 örnek alanda yer alan 3 442 ağaçtan veri elde eden araştırmacılar, doğrusal olmayan basit, genelleştirilmiş ve karışık etkili model formlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda dominant çap ve boy değişkenlerinin olduğu karışık etkili Chapman-Richards modelinin en başarılı model olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

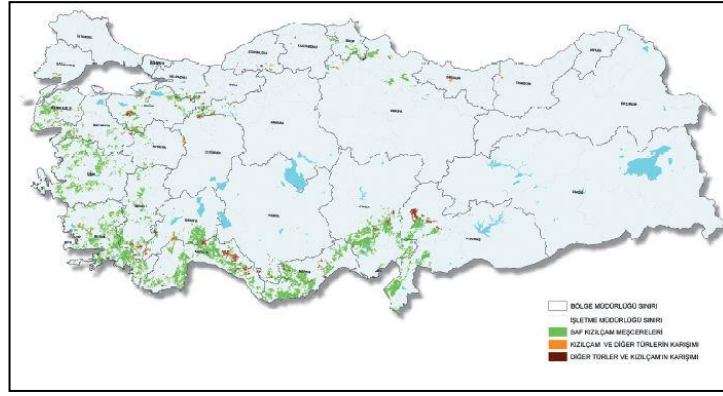
Tez çalışmasının bu bölümü, iki ana başlık altında incelenmiştir: "Materyal" ve "Yöntem", "Materyal" başlığı altında, kızılçam türüne ait genel bilgiler (botanik özellikleri ve doğal yayılış alanı, ekolojik özellikleri, silvikültür özellikleri) ile çalışma alanına ait bilgiler detaylı bir şekilde sunulmuştur. "Yöntem" alt bölümünde ise, örnek alanlarda (örnek noktalar) gerçekleştirilen ölçümler ve tespitler ile toplanan verilerin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi yöntemleri ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Kızılçam türüne ait genel bilgiler

3.1.1.1. Doğal yayılışı ve botanik özellikleri

Çam türlerinden biri olan kızılçam, Türkiye'deki önemli asli ağaç türlerinden biridir. Özellikle Doğu Akdeniz Bölgesinde sıkça yayılış gösteren bu çam türü, Türkiye'nin Akdeniz sahillerinde geniş bir yayılış gösterir (Kasaplıgil, 1952). Akdeniz bölgesinin sembolü olan kızılçam, Marmara, Ege, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi Akdeniz iklimine benzer özelliklere sahip bölgelerde, 1500 metreye kadar doğal olarak yetişebilir (Saatçioğlu, 1976). Ayrıca, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Akdeniz ikliminin etkilerini gösteren mikro iklim bölgelerinde, küçük kızılçam meşçereleri doğal olarak yayılış gösterir. Türkiye'nin en geniş ağaç türlerinden biri olan Kızılçam, ülkenin toplam orman alanının önemli bir bölümünü kaplar ve yaklaşık 6 milyon hektarlık bir alana yayılmıştır. Türkiye'deki kızılçam yayılış alanı, aşağıdaki haritada gösterildiği gibidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kızılcām'ın Türkiye'deki doğal yayılış alanları

Kızılcām, küçük alanlar olmak üzere Filistin ve Ürdün çevresi, Yunan adaları, İtalya ve Kıbrıs'ta bulunur (Kayacık, 1968). Ayrıca, Gürcistan, Rusya'nın Karadeniz sahilinde ve Kırım'da doğal yayılışları vardır (Kasaplıgil, 1952). Kızılcāmın kabuğu gençlik zamanlarında düzgün, boz renkte iken, yaşı ilerledikçe ise kalın, derince yarıklı ve esmer kırmızımsı bir renk olmaktadır (Anşin, 1994).

Kızılcām, görünüm itibariyle Halep çamını (*Pinus halepensis* Mill.) andıran gövde formu genelde düzgün olmayan kalın dal yapısına sahip bir orman ağacıdır (Alemdağ, 1962; Alptekin, 1990). Ancak, düzgün gövde formu oluşturan, oldukça boylu kızılçam meşcereleri de mevcuttur. Bu ağaç türünün genç sürgünleri genel olarak tüysüz, başlangıçta kırmızı tonlarda olan ibreleri daha sonraki yaşlarda kahverengimsi veya yeşilimsi tonlarda olup, bazen de boz-kurşuni bir renk gösterebilmektedir. İğne yaprakları 10-18 cm arasında değişen boyutları ile yumuşak bir yapı göstermekte olup açık yeşil bir renge sahiptir. Kısa bir sapa sahip olan kozalakları ise kahverengi tonlardadır. Genellikle yaz mevsimlerinin sıcak ve kurak, kış mevsimlerinin ise ılıman olduğu yetişme ortamlarında yayılış göstermektedir. Kayalık, kumlu veya kireçli yapıya sahip topraklarda yetişebildiği gibi, toprak yapısının daha verimli olduğu alanlarda oldukça iyi bir gelişme gösterebilmektedir (Yaltırık ve Boydak, 2000).

3.1.1.2. Ekolojik özellikleri

Kızılcām, yaz kuraklığına dayanıklı olması, çeşitli topraklarda yetişmesi ve hızlı büyümesi nedeniyle ülkemizde önemli bir ağaç türüdür. Kızılcām kireçtaşı, marn ve konglomera gibi tortul kayalar, bazalt gibi volkanik kayalar ve gnays, mikaşist ve

killi şist gibi çeşitli metamorfik kayalar üzerinde bulunabilmektedir. Ancak su geçirgenliği olmayan serpantin düzlükler kızılçamın yetişemediği yerler arasındadır (Atalay vd., 1998; Gülsoy vd. 2013).

3.1.1.3. Silvikültür özellikleri

Tipik bir ışık ağacı olan kızılçamın sıcaklık isteği oldukça yüksek olup, doğrudan güneş alan alanlarda yetişmektedir (Saatçioğlu, 1976; Boydak, 1992; Boydak vd., 2006). Gençliğinde oldukça fazla ışığa ihtiyaç duyan bu tür, en iyi gelişimini ışık yoğunluğunun %70 ve üzeri olduğu durumlarda yapmakta olup, bu değer %65'in altına düştüğü durumlarda dejenerasyona uğramakta ve yaşamını sürdürmemektedir (Saatçioğlu, 1976). Gençlikte sivri ve dar bir tepe yapısı oluşturan kızılçam, ilerleyen dönemlerde yetiştirme ortamı koşulları ve genetik faktörlerin etkisiyle kalın dallı ve yayvan bir tepe yapısı oluşturabildiği gibi (Saatçioğlu, 1976; Yaltırık ve Boydak, 1989), neredeyse tüm yükselti kuşaklarında düzgün bir forma sahip, dolgun gövdeli, tepe yapısı sivri olan yaşlı bireyler de oluşturabilmektedir (Boydak vd., 2006). Ülkemizdeki en verimli ormanlarını orta ve üst kuşakta yer alan supra-mediteran katında oluşturmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Bazı araştırmacılar, geçmişte maruz kaldığı yoğun tahribata rağmen, kızılçamın alt kuşakta da verimli ve kaliteli ormanlar oluşturduğunu da belirtmişlerdir (Boydak, 2004; Boydak vd., 2006). Oldukça hızlı yetişen bir tür olan kızılçam, iyi bonitetlerde 30-40 metre boy ve 40-50 cm'ye kadar çap yapabilmektedir (Boydak, 1988).

3.1.2 Çalışma alanına ait bilgiler

Çalışmamızın materyali, doğal yoldan gelmiş, normal kapalı veya normal kapalılığa yakın aynı yaşlı kızılçam meşcerelerinin yer aldığı Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Bucak Orman İşletme Müdürlüğü, Pamucak Orman İşletme Şefliği sınırları dahilinde kalmaktadır. Yöre amenajman planı verilerine göre, I-II-III bonitet sınıfındadır. Tüm örnek alanlar değişik periyotlarda genellikle ılımlı alçak aralama müdahalesi görmüştür. Çalışma alanımızın konumu aşağıda haritada gösterilmiştir. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Çalışma alanının konumu

3.2. Yöntem

3.2.1. Örnek alanlarda yapılan ölçüm ve tespitler

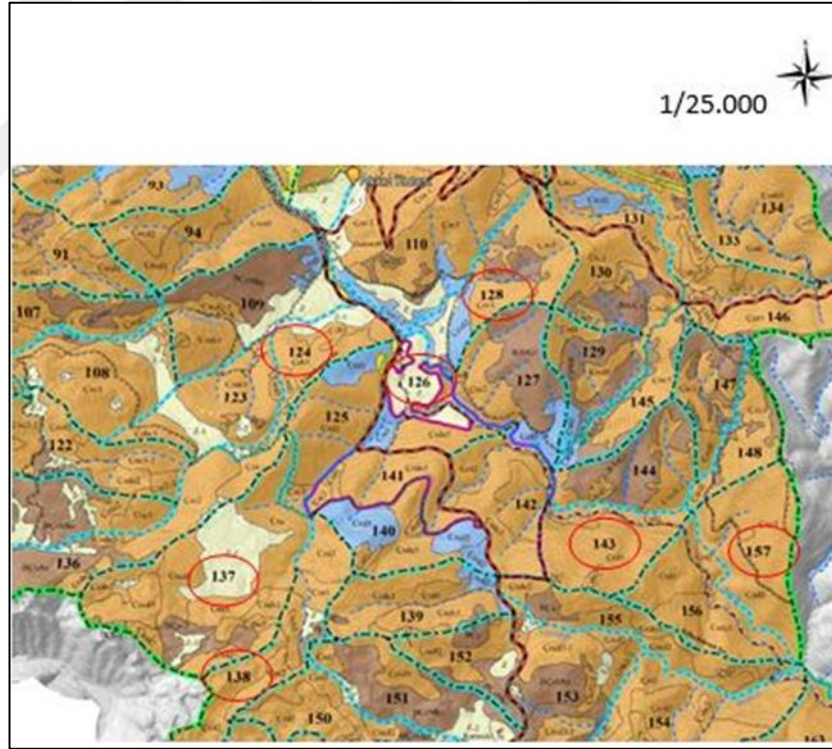
Arazi çalışması, 2023 yılı Haziran-Temmuz ayları içerisinde yapılmıştır. Aranılan meşcere özelliklerine sahip toplam 74 adet örnek alandan alınmıştır. Bu örnek alanlar daire, kare veya dikdörtgen şekline sahip olmayıp nokta örneklemesine aittir (Kalıpsız ve Eler, 1984). Yani örnek noktada durularak 20-30m sağ veya sol, aşağı veya yukarıdaki ağaçlardan olmak üzere toplam 30'a yakını rasgele ağaç seçilmiştir.

Örnek nokta seçiminde, gelişme çağı ve bonitet sınıflarını içerecek şekilde yani, farklı meşcere tipi, orta çap, yaş, eğim, bakı, yükselti ve yamaç konumu (üst yamaç, orta yamaç, sırt veya taban) olan yerlerden alınmasına özen gösterilmiştir. Örnek noktalardan toplanan verilerin sağlıklı olması açısından buna uyulması planlanmıştır. Örnek noktalarda örnek ağaçlar seçiminde tepesi kırık, çatal, böcekli, gövdesi yaralı, gövde biçimi bozuk vb. kötü nitelikli bireyler alınmamıştır. Çalışma alanındaki kızılcıam türüne ve ölçümlere ait görsel aşağıda verilmiştir (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Çalışma alanındaki kızılçam türüne ve ölçümlere ait görsel

Çalışmanın yapıldığı alanlarda örnek alanların orta ve normal kapalılıkta olmasına özen gösterilmiştir. Çalışma alanımızdaki doğal kızılçam meşcerelerinden toplam 74 adet örnek alan alınmıştır. Örnek alanların alındığı bazı bölmeler Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Örnek alanlardan birkaçının meşcere haritasında gösterilmesi

Örnek alanlardaki örnek ağaçların göğüs yüksekliği (1.30 m) çapları 1cm duyarlılığında çap ölçer ile ölçülmüştür. Meşcerelerin çap-boy ilişkisinin belirlenmesi için, her bir örnek ağacın da boyu Silva boy ölçer ile 1 m duyarlılığında ölçülmüştür.

Örnek alanlarda yeni kesilmiş ağaçların kütükleri veya dikili haldeki 2-3 adet ağacın toprağa en yakın olan yerinde Pressler artım burgusu ile kütük yaşı bulunur. Ağacın yaşı için ise bulunan yaşı o yüksekliğe ulaşma süresi olarak bilinen 2-4 yıl eklenerek ve ağaç yaşı belirlenmiştir. Çalışma alanında kesilmiş bir ağaçtan yaş ölçümü yapılmasına dair görsel Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Ağacın gövde kesitine ait yıllık halkalar

3.2.2. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistik analizi

Örnek alan verilerinin yaklaşık %70’i (50 örnek alan) model geliştirmek için verilerin geri kalan yaklaşık %30’u da (24 örnek alan) geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Örnek alanlarda ölçülen değişkenlerin bazı istatistikleri Çizelge 3.1.’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çap-boy modellerini geliştirmek ve test etmek için kullanılmış örnek ağaçlara ilişkin bazı istatistikler

Değişkenler	Model geliştirme verileri (n=1862)				Model test verileri (n=898)			
	Ortalama	Min.	Maks.	St.Sp.	Ortalama	Min.	Maks.	St.Sp.
d (cm)	32.8	8.0	82.0	12.6	30.3	8.0	64.0	12.1
h (m)	16.0	7.0	25.0	4.2	15.0	8.0	24.0	4.3

Çalışmamızda test edilen değişik sayıdaki parametrelili (2, 3 ve 4) modellerin denklemi, araştırmacısı ve numarası Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çap-boy modellerinin geliştirilmesi için kullanılan değişik parametrelili modeller

Model	2-parametrelili modeller	Kaynaklar (Yıl)	Model no
Hyperbolic	$h = 1.30 + \frac{d^2}{(a + b * d)^2}$	Meyer (1940)	1
Hyperbolic	$h = 1.30 + \frac{a * d}{(1 + d)^b}$	Curtis (1967)	2
Exponential	$h = 1.30 + a * e^{(-b*d^{-1})}$	Ratkowsky (1990)	3
Exponential	$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b*d)})$	Ratkowsky (1990)	4
Power	$h = 1.30 + a * d^b$	Huang-Titus (1992)	5
Hyperbolic	$h = 1.30 + \frac{a * d}{(b + d)}$	Wykoff vd. (1982)	6
Exponential	$h = 1.30 + e^{(a-b*(d+1)^{-1})}$	Wykoff vd. (1982)	7
3- parametrelili modeller			
Hyperbolic	$h = 1.30 + \frac{d^2}{a + b * d + c * d^2}$	Prodan (1968)	8
Logistic	$h = 1.30 + \frac{a}{1 + b * e^{(-c*d)}}$	Pearl-Reed (1920)	9
Chapman-Richards	$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b*d)})^c$	Richards (1959)	10
Weibull	$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b*d)^c})$	Yang vd. (1978)	11
Gompertz	$h = 1.30 + a * e^{(-b * e^{(-c*d)})}$	Winsor (1932)	12
Linear	$h = a + b * d + c * d^2$	Prodan (1968)	13
Power	$h = 1.30 + a * d^{b*d^{-c}}$	Sibbesen (1981)	14
Korf/Lundgvist	$h = 1.30 + a * e^{(-b*d^{-c})}$	Seber- Wild (1989)	15
Exponential	$h = 1.30 + a * e^{(-b/(d+c))}$	Seber- Wild (1989)	16
Logistic	$h = 1.30 + \frac{a}{1 + \frac{1}{b * d^c}}$	Ratkowsky-Reedy (1986)	17
4- parametrelili modeller			
Chapman-Richards	$h = 1.30 + a * (1 - b * e^{(-c*d_{1.30})})^d$	Richards (1959)	18
Exponential	$h = 1.30 + a * e^{(-b * e^{(-c*d_{1.30})^d})}$	Zeide (1993)	19
Weibull	$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b*(d_{1.30}-c)^d})}$	Seber-Wild (1989)	20

h=ağaç boyu (m), d ve $d_{1.30}$ =göğüs çapı (cm), e=ular sabiti ($\cong 2,718$) ve a,b,c,d=model parametreleri.

Çalışmamızda, geliştirilen çap-boy (d-h) modellerinin verilere uygunluklarını (başarılarını) test etmek amacıyla, altı ölçüt kullanılmıştır. Bunlar sırası ile, Ortalama mutlak hata (OMH), Maksimum mutlak hata (MMH), Hata kareleri ortalamasının karekökü (RMSE), korelasyon katsayısı (R), Ortalama hata (OH), Akaike bilgi ölçütü (AIC)'dür (Çizelge 3.3).

Çizelge 3. 3. Geliştirilen d-h modellerini test etmek için kullanılan ölçütler

Uygunluk testi modeli	Uygunluk testi adı
$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n h_i - \hat{h}_i }{n}$	Ortalama mutlak hata
$MMH = \text{Max}(h_i - \hat{h}_i)$	Maksimum mutlak hata
$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n - p}}$	Hata kareleri ortalamasının karekökü
$R = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i) * (\hat{h}_i - \bar{\hat{h}}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{h}_i - \bar{\hat{h}}_i)^2}}$	Korelasyon katsayısı
$OH = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)}{n}$	Ortalama hata
$AIC = n * \ln(RMSE) + 2 * p$	Akaike bilgi ölçütü

Burada, h_i , \hat{h}_i , \bar{h}_i ve $\bar{\hat{h}}_i$ sırasıyla ölçülen, ölçülen değerlerin ortalaması, tahmin değeri ve tahmin edilen değerlerin ortalamasını, n = gözlem sayısı, p = parametre sayısı ve \ln = doğal logaritma.

Bu ölçütlerden R, tahmin edilen ve ölçülen değerler arasındaki korelasyonu sağlar. Boy tahminlerinin doğruluğu RMSE (hata kareleri ortalamasının karekökü) kullanılarak belirlenecektir. Ortalama hata, tahmin tutarlılığını belirlemek için kullanılacak ve AIC, tüm modeller arasından en başarılı tahminleri yapan modeli seçmek için kullanılacaktır. Çalışmada OMH, RMSE, OH, MMH ve AIC kriterlerinde en düşük değere sahip model en başarılı model olarak seçilirken, R kriterinde en yüksek korelasyona sahip model tercih edilecektir.

Modelin başarısını değerlendirmek için bir kriterin elde ettiği sıra puanı belirlenmiş ve bu işlem 5 farklı kriter için tekrarlanmıştır. Elde edilen sıralamaların toplamı küçük ise model başarılı kabul edilmiştir. Ayrıca, geliştirilen modellerin performansı grafiksel olarak incelenmiştir. Bu kapsamda tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin 1:1 dağılımı gösterilmiştir. Verilerin modele uyumunu ve regresyon katsayılarını belirlemek için IBM SPSS Statistics Version 22 istatistik paket

programının "non-linear (NLIN)" özelliği kullanılmıştır. Regresyon katsayıları ve diğer denklem istatistiklerinin belirlenmesinde IBM SPSS Statistics Version 22 istatistik paket programının en küçük kareler yöntemini temel alan "Enter" yöntemi tercih edilmiştir.

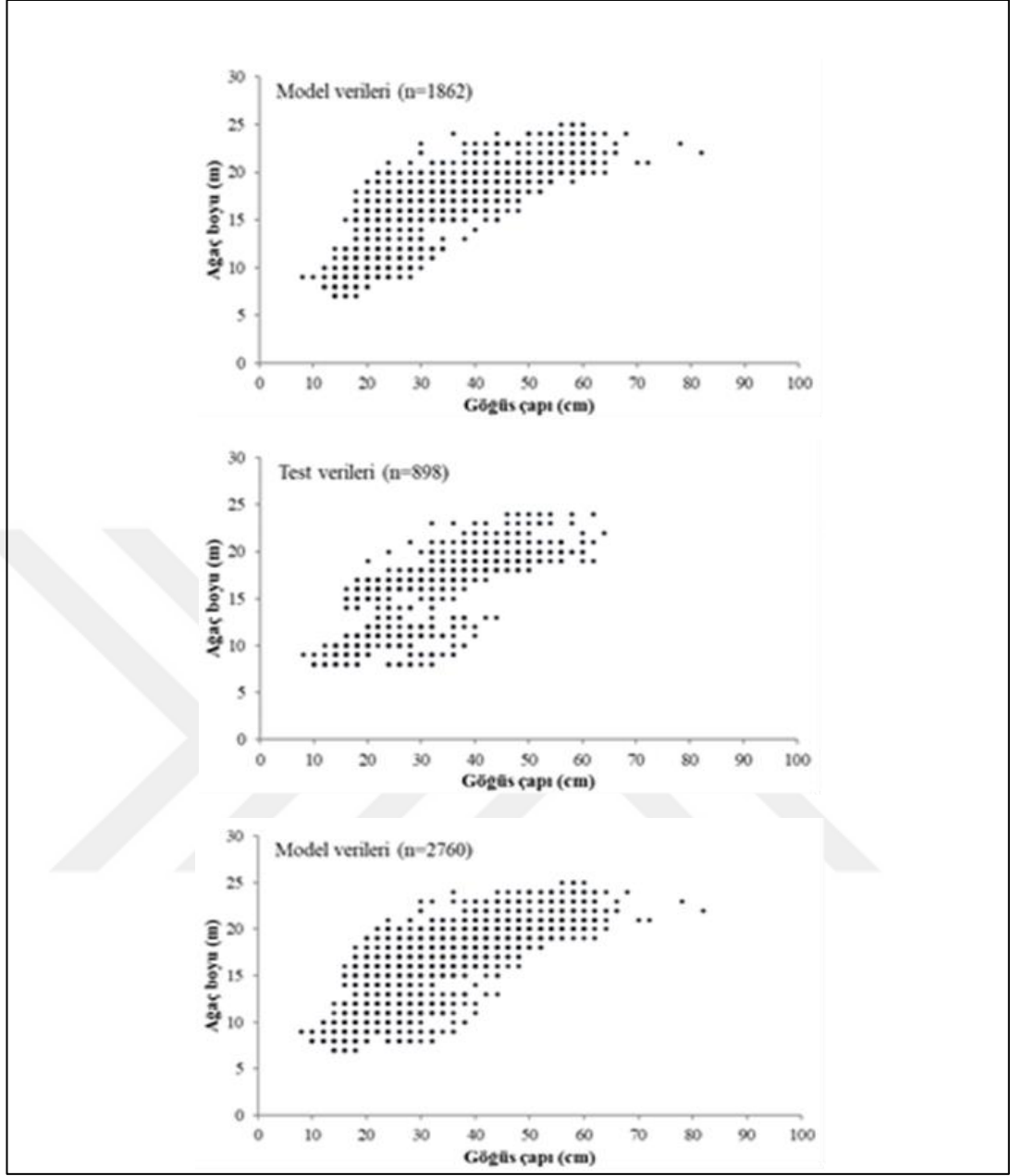


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Modelleme bir sistemin değişimini denklemler ile tanımlama işlemidir. Ormancılıkta modelleme yöntemi önemli bir araçtır. Bu yüzden modelleme sırasında sistemin bileşenlerini doğru olarak belirlemek ve bu sistemi tanımlayacak denklemi doğru olarak seçmek oldukça önemlidir.

Çalışmamızda, Burdur-Pamucak yöresinde doğal yolla gelmiş, aynı yaşlı ve normal kapalı veya normal kapalılığa yakın kızılçam meşcerelerinde göğüs çapından (bağımsız değişken) yararlanılarak tek ağaca ait boy (bağımlı değişken) tahmini yapılması için modeller geliştirilmiştir. Bu amaçla, farklı gelişme çağı ve bonitet sınıfına sahip olan meşcerelerden toplanan tek ağaçlara ait çap- boy değerleri regresyon analizleri ve çap- boy ilişkisinin modellenmesine ait istatistiksel analizler ve sonuçlar sırasıyla verilmiştir.

Ağaç boyunun tek ağaçta tahmin edilmesi için, toplam 2 760 adet ağaçta çap-boy ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçülen ağaçların göğüs çapı ve boy değerleri, xy koordinat sisteminde işaretlenerek oluşan noktaların dağılımı incelenmiştir. İlk olarak, toplanan verilerin %70'i kullanılarak model geliştirilmiş ve bu çap-boy değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Ardından, verilerin %30'u ile geliştirilen bazı modellerin test materyalinin çap-boy grafiği oluşturulmuş ve en sonunda çalışmada kullanılan tüm verilerin çap-boy grafiği Şekil 4.1'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Örnek ağaçların çap ve boy ölçümleri ile model (a), test (b) ve tüm veri (c) grubu için oluşturulan çap-boy dağılımları

4.1. Çap- Boy Modelleri

Bu alt bölümde, ilk önce modelleri topluca ve daha sonra da modellerin parametre sayısına göre parametre gruplarındaki başarıları incelenmiş ve alt bölümler halinde ayrı ayrı verilmiştir. Ayrıca, grafiksel olarak 2 parametrelili, 3 parametrelili ve 4 parametrelili model gruplarında değerlendirilmesi de yapılmıştır.

IBM SPSS Statistics Version 22 programında veri grupları için ayrı ayrı veri kütükleri oluşturulmuştur. Yani model grubu, test grubu ve tüm veri grubu şeklinde veriler dosyalar halinde ayrılmışlardır. İlk sırada, model grubunda yer alan 20 adet model için ayrı ayrı nonlinear regresyon analizi yöntemi kullanılarak regresyon katsayıları elde edilmiştir. Modellere ilişkin tahmin edilen parametrelerin değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tüm modeller için model parametreleri 0.001 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Çap- boy modeline ait regresyon katsayıları

Model no	Katsayılar			
	a	b	c	d
m1	2.446935	0.180027	-	-
m2	2.011033	0.420934	-	-
m3	25.660524	17.007583	-	-
m4	23.969870	0.030071	-	-
m5	1.795670	0.602023	-	-
m6	35.985589	46.201383	-	-
m7	3.268735	18.401692	-	-
m8	15.948166	0.203503	0.042508	-
m9	19.691382	5.981916	0.097718	
m10	20.741809	0.060216	1.840651	-
m11	20.497261	0.012906	1.353802	-
m12	0.000204	-10.655016	-0.001413	-
m13	1.029542	0.659114	-0.005399	-
m14	0.002642	5.366422	0.220032	-
m15	25.062095	28.893979	1.182244	-
m16	26.252925	15.770034	-2.111057	-
m17	22.531324	0.003278	1.881295	-
m18	0.0000009397	0.296932	-0.000793	-45.512047
m19	23.816033	9989.305533	6.350940	0.132615
m20	21.928143	0.06737	6.951959	0.893845

Çalışmamızda, ikinci aşamada da yine model grubu verileri kullanılarak 20 adet farklı d-h modeli için Microsoft Office Excel programında hesaplanan değerlendirme (uygunluk ya da başarı) ölçüt değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Test edilen modeller için elde edilen ölçüt değerleri incelendiğinde, korelasyon katsayılarının en azından

$R > 0.76$ olduğu ve dolayısı ile tüm modellerde d-h ilişkileri oldukça yüksek bir korelasyon göstermektedir.

Çok sayıda model test edildiğinden, hangi modelin d-h ilişkilerini açıklamada daha başarılı olduğunu açıklayabilmek için başarı ölçütlerine göre modeller arasında bir sıralama yapılmış olup sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu sıralama yönteminde yukarıda verilen bilgiler ışığında en küçük OMH, MMH, RMSE, OH, AIC değerlerine ve R değeri için ise en yüksek korelasyon değerini veren modele birden başlayarak sayısal değerler atanmıştır. Her bir model için elde edilen sıralama değerleri toplandığında en küçük değere sahip olan model en iyi model olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiği zaman 20 adet d-h modeli içinde en başarılı modelin 3 Parametrelili Korf/Lundqvist (m15) modeli olduğu, bu modeli sırasıyla 3 Parametrelili Exponential (m16), 4 Parametrelili Exponential (m19), 4 Parametrelili Weibull (m20) ve 3 Parametrelili Hyperbolic (m8) modelinin izlediği görülmüştür. En başarısız sonuçların ise en başarısızdan başlayarak 4 Parametrelili Chapman-Richards (m18), 3 Parametrelili Gompertz (m12) ve 2 Parametrelili Power (m5) modellerinin verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Geliştirilen d-h modellerine ilişkin ölçüt değerleri ve başarı sıralaması

Model no	Ölçütler						
	OMH	MMH	RMSE	R	OH	AIC	Toplam
1	1.84555 (11)	7.12363 (9)	2.32075 (10)	0.83651 (10)	-0.01489(11)	1571.60 (11)	62
2	1.97848 (17)	7.48406 (16)	2.41694 (17)	0.82118 (17)	-0.02254(13)	1647.22 (17)	97
3	1.85077 (12)	7.14354 (11)	2.34038 (14)	0.83345 (14)	0.27128 (20)	1587.29(14)	85
4	1.88952 (15)	7.45482 (15)	2.36192 (15)	0.83006 (15)	0.27012 (19)	1604.34(15)	82
5	1.99654 (18)	7.78486 (18)	2.43793 (18)	0.81771 (18)	0.26005 (16)	1663.32(18)	106
6	1.91060 (16)	7.53270 (17)	2.37503 (16)	0.82797 (16)	0.26372 (17)	1614.65(16)	98
7	1.85246 (13)	7.18573 (13)	2.34014 (13)	0.83349 (13)	0.27009 (18)	1587.10(13)	83
8	1.79222 (5)	6.99470 (5)	2.30041 (3)	0.83973 (4)	-0.00292(8)	1557.21 (3)	28(5)
9	1.82736 (10)	7.18337 (12)	2.33116 (11)	0.83492 (11)	-0.00801(10)	1582.26 (10)	64
10	1.80114 (8)	7.05341 (7)	2.30753 (8)	0.83863 (7)	-0.00249(6)	1562.96(7)	43
11	1.81119(9)	7.10211 (8)	2.31231 (9)	0.83790 (9)	-0.00602 (9)	1566.81(9)	53
12	2.25887 (20)	11.32562 (19)	2.70764 (19)	0.76909 (20)	0.02054 (12)	1860.70(19)	109
13	1.85411 (14)	7.26155 (14)	2.33437 (12)	0.83449 (12)	-0.00061 (2)	1584.49(12)	66
14	1.797442 (7)	7.12974 (10)	2.30792 (7)	0.83858 (8)	0.12768 (15)	1563.38(8)	55
15	1.78742 (1)	6.98722 (3)	2.29814 (1)	0.84007 (1)	0.00101 (3)	1555.37(1)	10(1)
16	1.78851 (3)	6.96953 (1)	2.29818 (2)	0.84007 (2)	0.00138 (5)	1555.40(2)	15(2)
17	1.79099(4)	7.01721 (6)	2.30128 (4)	0.83959 (5)	-0.00250(7)	1557.91(4)	30
18	2.25483 (19)	11.48819 (20)	2.70826 (20)	0.76912 (19)	-0.03517(14)	1863.12(20)	112
19	1.78846 (2)	6.99090 (4)	2.29993 (5)	0.83999 (3)	-0.00136(4)	1558.32(5)	23(3)
20	1.79752(6)	6.98449(2)	2.30365 (6)	0.83933 (6)	-0.00036(1)	1561.83 (6)	24(4)

Modele ait OH değerleri çok küçük bir değer olarak bulunmuştur. OH değerlerinin küçük çıkması toplam ortalama boy hatasının küçük çıkacağını göstermiştir. Yine standart sapmayı belirten düştük RMSE değerleri de varyansın da fazla olmadığını göstermiştir. Çalışmada modele ilişkin istatistikler ve katsayılar daha önce söz konusu çap- boy ilişkisi için kullanılan model sonuçlarına yakın bulunmuştur (Larsen ve Hann, 1987; Colbert vd., 2002).

Doğal kızılcam meşcereleri için geliştirilmiş d-h modellerinin tahmin değerleri bağımsız veri seti kullanılarak test edilmiş ve elde edilen sonuçlar izelge 4.3.'te verilmiştir. Elde edilen bulgular model geliştirme sonuçlarına benzerlik göstermektedir.

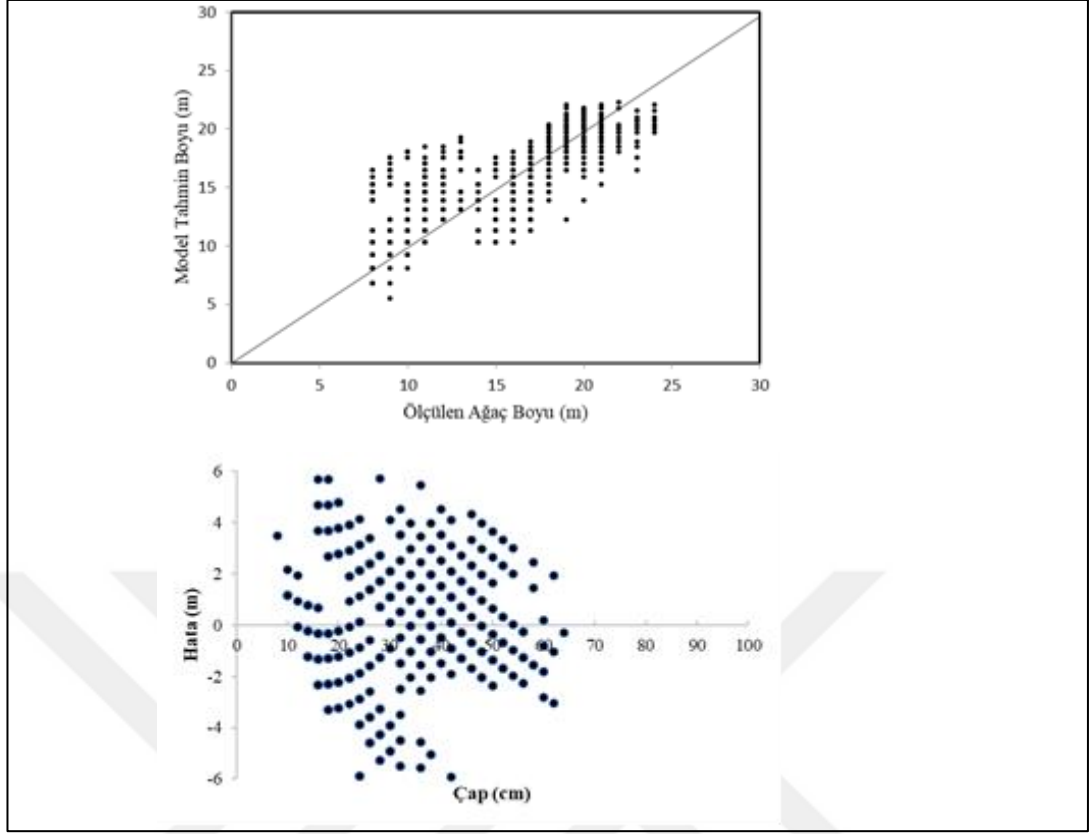
Çizelge 4.3. Test veri seti ile başarılı modellerin başarı lt değerleri

Model no	ltler						
	OMH	MMH	RMSE	R	OH	AIC	Toplam
m15	2.03907 (3)	8.80610 (3)	2.75270 (4)	0.77104 (4)	-0.17792 (2)	915.30 (2)	18(3)
m16	2.04347 (4)	8.78941 (1)	2.75422 (5)	0.77075 (5)	-0.17394 (1)	915.79 (3)	19(4)
m19	2.03657 (2)	8.81855 (4)	2.75199 (3)	0.77147 (3)	-0.18398(3)	917.07 (5)	20(1)
m20	2.04507 (5)	8.80089 (2)	2.75048 (2)	0.77176 (2)	-0.18402 (4)	916.58 (4)	19(5)
m8	2.02761 (1)	8.83807 (5)	2.74138 (1)	0.77320 (1)	-0.19791 (5)	911.60 (1)	14(1)

4.1.1. İki parametrelili çap- boy modelleri

Çalışmamızda, 2 Parametrelili 7 adet model (m1-m7) kendi içerisinde başarı lt değerlendirmesi de yapılmıştır. Başarılı bulunan m1 modeli, Meyer (1940; Hyperbolic model) grafiksel olarak llen ağaç boyuna karşılık modelden tahmin edilen model tahmin boyunun örtüşme durumları da incelenmiştir.

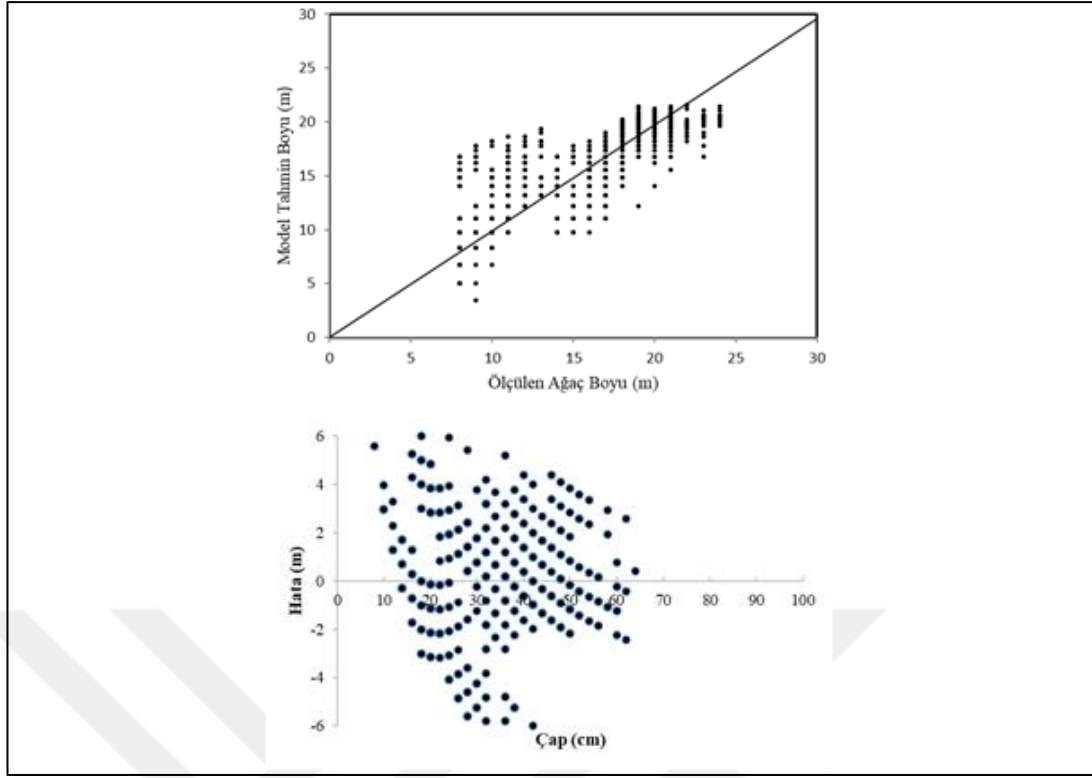
Test materyali veri grubu üzerinde m1 nolu modele ait regresyon katsayıları kullanılarak yapılan tahmin değerleri ile ölüm sonucu elde edilen gerçek değerler alındığı çapa karşılık olarak bir grafik üzerinde noktalanmıştır (şekil 4.2). Tahmin edilen boy değerleri ile llen boy değerlerinin örtüşme oranı boy değeri büyüdükçe bir miktar artmaktadır. Hata miktarının da azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Tahmin edilen boy (m1 nolu model) ile test grubu ölçülen boy değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları

4.1.2. Üç parametrelî çap-boy modelleri

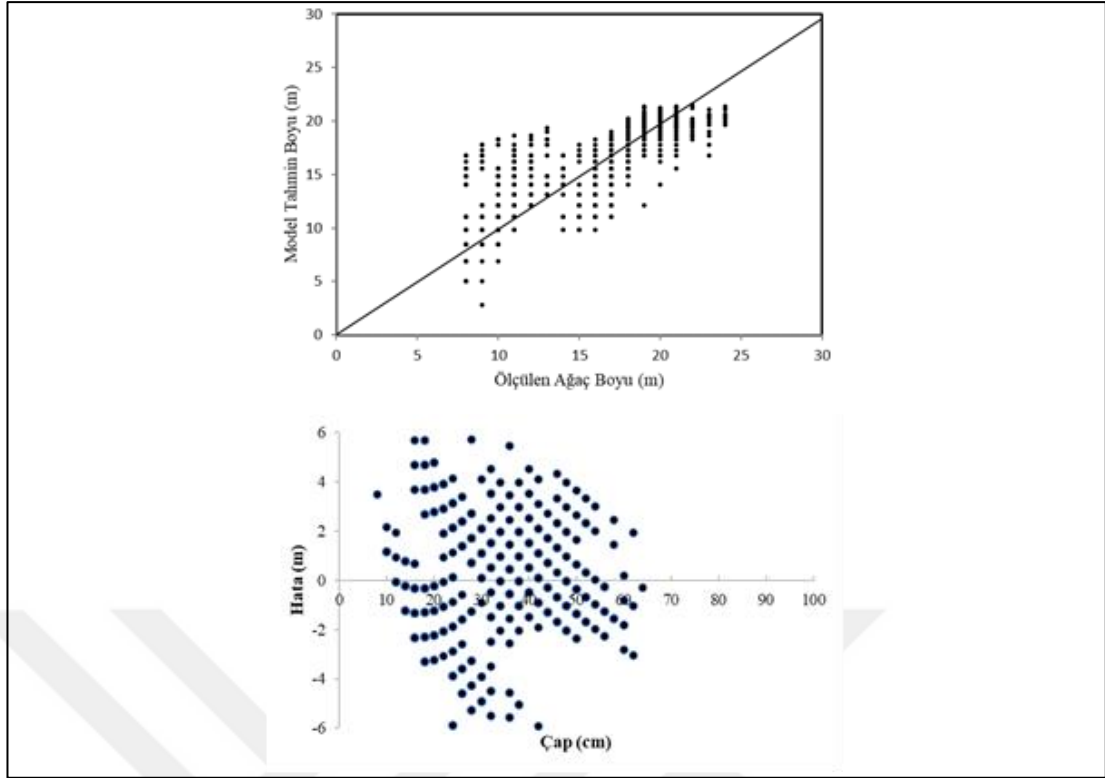
Çalışmamızda, m15 nolu modele (3 Parametrelî Seber-Wild (1989; Korf/Lundqvist model)), ait regresyon katsayıları kullanılarak test materyali üzerinde yapılan tahmin değerleri ile ölçülen gerçek boy değerleri bir dik koordinat sistemi üzerine noktalanmıştır (Şekil 4.3). Tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin örtüşme oranı boy değeri büyüdükçe artmaktadır. Hatalar m1 nolu modele göre daha küçüktür.



Şekil 4.3. Başarılı bulunan m15 nolu d-h modelinin test materyali ile yapılan tahmini boy ile gerçek boy ölçüm değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları

4.1.3. Dört parametrelî çap-boy modelleri

Alınan test materyali üzerinde m19 nolu modele (4 Parametrelî Zeide (1993; Exponential model)) ait regresyon katsayıları kullanılarak yapılan tahmin değerleri ile ölçülen gerçek değerler alındığı çapa karşılık olarak bir grafik üzerinde noktalanmıştır (Şekil 4.4). Tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin örtüşme oranı boy değeri büyüdükçe bir miktar artmaktadır. Hatalar m1 nolu modelden daha az olmakla beraber m15'ten bir miktar daha fazladır. OH değerleri m1, m15 ve m19 için sırasıyla -0.01489, +0.00101 ve -0.00136 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).



Şekil 4.4. Başarılı bulunan m19 nolu d-h modeli ile tahmin edilen boy değerleri ile test değerleri arasındaki ilişki ve hata miktarları

Burada, sadece 4 parametre grubunda en başarılı olduğu tespit edilen m19 nolu (Zeide, 1993; Exponential model) çap- boy model için boy tahminindeki hataların tahmin edilen çap basamak orta değerlerine göre dağılımı verilmiştir. Şekil 4.4' ten izleneceği üzere parametre gruplarında (2 parametrelili, 3 parametrelili ve 4 parametrelili) en başarılı modeller için elde edilen hata dağılımları da oldukça benzer dağılım göstermektedir.

Genel olarak hata miktarlarının başarılı olduğu tespit edilen modellerde, ölçülen boy değerlerinin artmasına bağlı olarak bir artış gösterdiği bazı çalışmalarda ortaya konulmuştur (Ahmadi vd., 2013; Özçelik ve Çapar, 2014). Fakat bu çalışmada çap artmasına bağlı olarak boyda hata miktarının azaldığı görülmüştür. Hata dağılımlarına ilişkin varyasyonun sabit olduğu da gözlenmiştir. Genel olarak bir modelin başarılı olup olmadığına karar verilirken hata miktarının küçük olmasının yanı sıra elde edilen hataların da belirli ve sabit bir varyansa sahip olması şartı da aranmaktadır. Bu bakımdan m15, m16, m19, m20 ve m8 başarılı sayılabilir.

Sonuç olarak, üç farklı parametre sayısına sahip olan tüm modeller (2 parametrelili, 3 parametrelili ve 4 parametrelili modeller) için de nispeten benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin örtüşme oranı boy değeri büyüdükçe bir miktar artmaktadır.

Modellerin parametre sayısına göre test edilen çap-boy modellerinin aritmetik ortalama başarı değerlendirilmesi yapıldığında sırasıyla 2 parametrelili, 3 parametrelili ve 4 parametrelili olanların sırasıyla 87.6, 47.3 ve 53 toplam sıra numarasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Buradan da genel olarak 3 parametrelili modellerin çap- boy arasındaki ilişkiyi açıklamada diğer gruplara göre başarılı bulunmuştur. Test edilen modellerden en iyi olarak belirlenen beş modelden ikisine (m15 ve m16) sahip olduğu ve değişik ormancılık bilim dallarında da çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

En başarılı d-h modelleri tüm örnek alan verileriyle modellerin regresyon katsayıları hesaplanarak Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bu parametreler ile Pamucak-Burdur yöresi normal veya normale yakın kapalı, doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı kızılçam meşcerelerinde göğüs çapı girilerek modelden tek ağaç boyu tahmin edilebilir.

Çizelge 4.4. Başarılı modellerin tüm veriler ile tahmin edilen parametre değerleri

Model no	Parametreler			
	a	b	c	d
m15	28.980833	14.156454	0.892280	-
m16	27.877547	20.242614	1.544578	-
m19	27.266331	63452.049537	8.630854	-0.085323
m20	22.853227	0.055970	4.960831	0.902761
m8	10.424120	0.565282	0.037670	-

4.2. Çap- Boy Modellerinin Ağaç Türü ve Yetiştirme Biçimi Uygunluklarının Karşılaştırılması

Fıstıkçamı yapay (2017), kızılçam yapay (2017), meşe doğal (2021), Doğu kayını doğal (2023), göknar doğal (2023), sarıçam doğal (2023), kızılçam doğal (2024) çalışmalarında elde edilen ve başarılı modeller Çizelgede 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Geliştirilen d-h modellerinin bazı ağaç türlerine göre başarı sıralaması

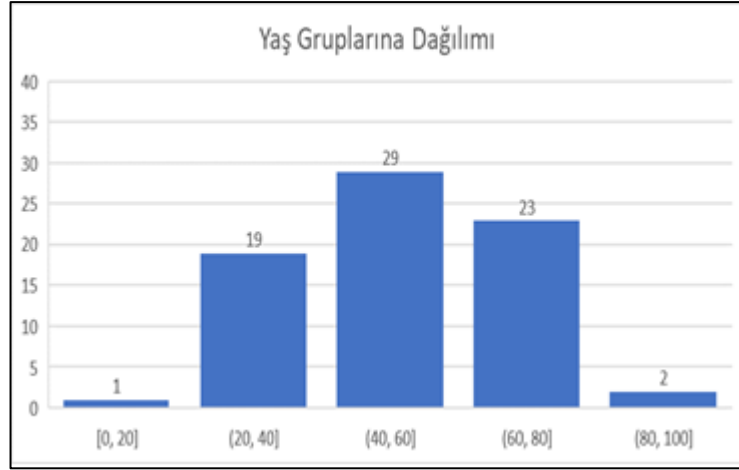
Model no	Ağaç Türü							Sıra	Model
	fistikçamı Yapay (2017)	kızılçam Yapay (2017)	meşe Doğal (2021)	Doğu kayını Doğal (2023)	gökmar Doğal (2023)	sarıçam Doğal (2023)	kızılçam Doğal (2024)*		
1	70	50		X	(2)	X	62		Hyperbolic
2	45	59			X	X	97		Hyperbolic
3	81	94			X	X	85		Exponential
4	64	40(3)			X	(4)	82		Exponential
5	36(5)	54		X	X	(3)	106		Power
6	60	42(5)	X	X	X	(1)	98		Hyperbolic
7	76	80			(5)	(2)	83		Exponential
8	44	40(4)					28(5)	5	Hyperbolic
9	---**	100			X	X	64		Logistic
10	44	52	(5)	(4)			43		Chapman-Richards
11	106	106	(2)	(5)			53		Weibull
12	87	92	(1)	(1)	(4)	X	109		Gompertz
13	23(1)	56					66		Linear
14	25(2)	36(2)					55	4	Power
15	55	32(1)	X	X			10(1)	2	Korf/Lundqvist
16	27(3)	64	(3)	(2)	(1)	(5)	15(2)	1	Exponential
17	51	44					30		Logistic
18	114	91					112		Chapman-Richards
19	102	84					23(3)		Exponential
20	31(4)	44					24(4)	3	Weibull

*Mevcut çalışma, **Değerlendirme dışı, X Model kullanılmış

Çizelge 4.5 incelendiğinde farklı ağaç türleri ve yetiştirme biçimine de olsa çalışmamızda da başarılı bulunan 3 parametrelili çap boy modeli grubunda yer alan m15, m16 ve m8 en başarılı olduğu izlenmektedir. Yine 4 parametrelili model olan m20 modeli de üçüncü sırada yer almıştır. Modeller arasında 3 parametrelili Exponential ve Korf/Lundqvist modeli diğerlerine göre daha başarılı bulunmuştur. 3 parametrelili modellerin daha başarılı ve onu da 4 parametrelili model grubu izlemiştir.

4.3 Örnek Alan Verilerinin Sınıflandırılması

Çalışmamızda örnek alanlar alınırken her yaş sınıfını temsil edecek şekilde örnek alanlar alınmaya çalışılmış olup dağılımı doğru yansıtması amacıyla arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımı Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Örnek alanların yaş gruplarına dağılımı

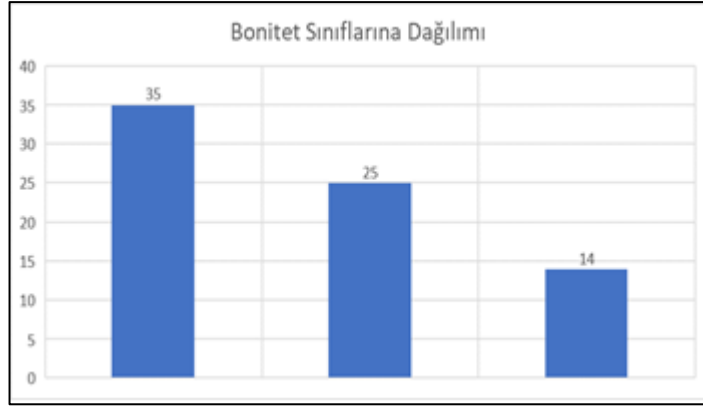
Örnek alanların dağılımı yüksek oranla orta yaş grubundadır.

Çalışma alanın işletme sınıflarına göre yaş dağılımları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çalışma alanının işletme sınıflarındaki yaş sınıfları

Yaş Sınıfları	İşletme Sınıfları			
	A		B	
	Gerçek alan (ha)	Redüktif Alan (ha)	Gerçek alan (ha)	Redüktif Alan (ha)
I	563.7	546.7	15.0	0
II	481.3	467.5	112.8	0
III	1438.8	1327.5	226.6	0
IV	738.2	650.8	474.9	0
V	612.6	546.7	1292.6	0
Toplam	3834.6	3539.2	2121.9	0

Çalışmamızda örnek alanların bonitet sınıflarına dağılımı Şekil 4.6'de verilmiştir.



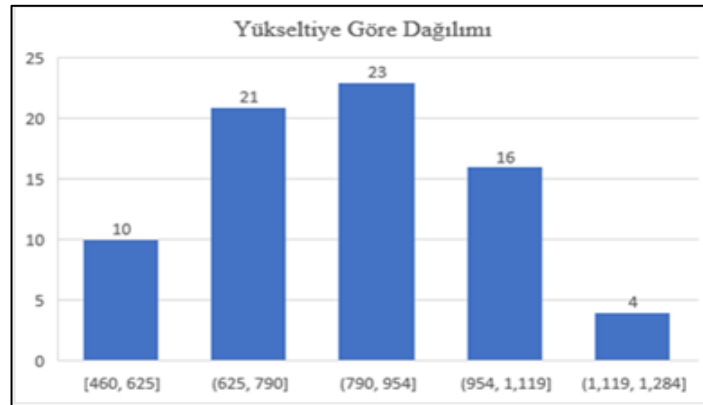
Şekil 4.6. Örnek alanların bonitet sınıflarına dağılımı

Örnek alanların büyük çoğunluğu I. Bonitet sınıfında olup yaklaşık %47.3'tür. Çalışma alanının bonitet sınıflarına dağılımları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bonitet alanları ana fonksiyon dağılımları

Ana Fonksiyon	I. Bonitet (ha)	II. Bonitet (ha)	III. Bonitet (ha)
Ekonomik	2628.5	871.5	334.6
Ekolojik	621.10	392.6	1489.5
Sosyo-Kültürel	8.0	-	-
Toplam	3257.6	1264.1	1824.1

Çalışmamızda araziden örnek alanlar alınırken her yükselti değerinden örnek alan alınmasına dikkat edilmiştir. Böylece meşcerelerdeki farklı yükseltideki örnek alanların çalışmaya katkı sağlaması amaçlanmıştır. Örnek alanların yükseltiye göre dağılımı Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek alanların yükseltiye göre dağılımı

Örnek alanlar genellikle 625-954m arasında dağılım göstermiştir. Bunlar genellikle alt ve orta yükselti grubunda yer almaktadır. Örnek alanlar farklı yükselti gruplarına dağılımı yapılmıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Burdur Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Pamucak Orman İşletme Şefliği içerisinde doğal yoldan gelmiş, saf ve aynı yaşlı kızılçam meşcerelerinde, göğüs çapından yararlanılarak tek ağaç boyunun tahmin edilmesinde kullanılan literatürdeki önemli modeller test edilmiştir. Bu amaçla istatistiksel analiz yöntemlerinden regresyon analizi ile tek ağaç boy tahminleri ve tahminlerinin değişiminin grafiksel incelenmesi yapılmıştır.

Meşcere gelişim çağları ve bonitet sınıfları değişen kızılçam meşcerelerinde nokta örnekleme (tek büyüklükte şekil ve alan içermeyen yaklaşık 400-1600 m² alanlı poligonlar) yapılarak 74 farklı alanda yaklaşık 30 ağaç üzerinde göğüs çapı ve ağaç boyu ölçümleri alınmıştır (Şekil 3.2 ve 3.3). Örnek noktaların göğüs çapı ve boy ölçüm verileri, tek ağaç boyu tahmini için test edilen 20 regresyon modelinin ve altı değerlendirme kriterinin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Kızılçam meşcerelerindeki tek ağaç boyunun varyansı göğüs çapı verileri kullanılarak araştırılmış ve çap-boy regresyon denklemleri (meşcere boy eğrisi denklemleri) oluşturulmuştur.

Literatürde yer alan yirmi basit d-h modeli, Pamucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan saf, aynı yaşlı ve doğal olarak oluşmuş kızılçam meşcerelerinde test edilmiştir. Bu modeller farklı parametre sayılarına sahip olup, iki parametrelili (7), üç parametrelili (10) ve dört parametrelili (3) modelleri içermektedir. Toplam 74 örnek alan seçilmiş ve bu bölgelerdeki 2 760 ağacın çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Karşılaştırmalarda altı ayrı kriter kullanılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada incelenen modellerin istatistikleri ve regresyon katsayılarının, önceki çap-uzunluk bağlantı modelinin sonuçlarıyla çok benzer olduğu görülmüştür. Değerlendirilen en başarılı d-h modelleri sırasıyla m15, m16 ve m19 olmuştur. Bu bulgular önceki araştırmalarla tutarlı olsa da, bu çalışmada başarısız olan bazı modellerin diğer araştırmalarda başarılı olduğu görülmüştür. Bu durum, ağaç türlerinin biyolojisindeki farklılıkların yanı sıra yerel çevreyle de ilişkilendirilebilir.

Modellerin hata dağılım grafikleri, hata dağılımının küçük çap değerleri için oldukça heterojen olduğunu ancak artan çap değerleri için homojen olduğunu ortaya koymaktadır.

Modellerin parametre sayısına göre değerlendirilmesi sonucunda, genel olarak 3 parametrelili modellerin çap-boy ilişkisini açıklamada yeterli olduğu ve en iyi performansa sahip olan beş modelden üçünün (m15, m16 ve m8) bu kategoriye girdiği ve çeşitli ormancılık bilim dallarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yöredeki örnek alanlardan elde edilen verilerle tek ağaç boyunun değişimini ortaya koyan birçok regresyon denklemi geliştirilmiştir. Bu denklemlere göre, tek ağaç boyunun yaklaşık %70'i (m15 için hesaplanan $R^2=0.706$) sadece göğüs çapı değişkeni tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan %30'luk açıklanamayan kısım ise modelde yer almayan önemli ve kontrol edilemeyen rasgele değişkenlerden kaynaklanmaktadır.

Tek ağaç boyunun, göğüs çapına göre değişimini ortaya koyan regresyon denklemleri sonuçlarına göre, en başarılı modelin (m15 numaralı) sıkça kullanılan bir model olduğu görülmüştür.

Çalışma sonuçları ışığında, araştırmacılara ve uygulamacılara şu önerilerde bulunulabilir:

Pamucak Orman İşletme Şefliği sınırları içinde bulunan doğal kızılçam meşcerelerinde çeşitli yaş, bonitet sınıfı ve sıklık dereceleri için tek ağaç boyunun tahmin edilebilir. Bu modeller, orman amenajmanı planı ve silvikültürel amaçlı uygulamalarda çeşitli amaçlar için güvenle kullanılabilir.

Kızılçamın diğer bölgelerinden elde edilecek verilerle, ülke veya bölgesel düzeyde geçerli olabilecek çap-boy modelleri geliştirilmelidir.

Bu çalışmanın verileri geçici örnek alanlardan elde edilmiştir. Farklı yaş, yetiştirme ortamı ve sıklıktaki meşcerelerde kurulacak kalıcı deneme alanları ve periyodik ölçümlerle tek ağaç boyu daha doğru bir şekilde belirlenebilir. Özetle, kızılçam

meşcerelerinin mevcut ve öngörülen tek ağaç boyları dikkate alınarak orman planlaması ve yönetimi tutarlı ve mantıklı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Kızılçam için incelenen çap-yükseklik modelleri, göğüs yüksekliğindeki çapa bağlı olarak tek ağaç yüksekliğini açıklamada oldukça doğrudur. Pamucak-Bucak bölgesindeki doğal kızılçam meşcerelerinde göğüs yüksekliğindeki çap ölçülerek ağaç boyu yeterli doğrulukta belirlenebilir.

Birçok meşcere simülasyonunda, meşcere gövde hacmini şu anda ve belirli dönemlerde tahmin etmek için tek ağaç yüksekliği kullanılır. Regresyon modellerinin geliştirilmesi ile tek ağaç meşcerelerinde belirli zaman aralıklarındaki meşcere hacmi gerçeğe daha yakın olabilir (Carus, 1998). Türetilen denklem, yöresel ve yapay olarak elde edilen meşcerelerde artım ve büyüme modelleri ile geliştirilecek çeşitli simülasyon modellerinde göğüs yüksekliğindeki çapa dayalı ağaç yüksekliğini tahmin etmek için güvenli bir şekilde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Adame, P., del Río, M., & Cañellas, I. (2008). A mixed nonlinear height–diameter model for Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Forest Ecology and Management*, 256, 88-98.
- Ahmadi, K., Alavi, S.J., Kouchaksaraei, M.T., & Aestern, W. (2013). Non-linear height-diameter model for Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian Forests, Iran. *Biotechnology Agronomy Society and Environment*. 17(3), 431-440.
- Ahmadi, K., & Alavi, S.J. (2016). Generalized height-diameter models for *Fagus orientalis* Lipsky in Hyrcanian forest, Iran. *Journal of Forest Science*, 62, 413-421.
- Akış, A. (2019). *Tarsus Yöresi Fıstıkçamı (Pinus pinea L.) Meşcereleri için Genelleştirilmiş Çap-Boy Modellerinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Alemdağ, Ş. (1962). *Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Alptekin C.Ñ. (1990). Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.)'nın Türkiye ağaçlandırma çalışmalarındaki yeri ve doğal yayılışına ait bazı tespitler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(2), 110-122.
- Anşın, R. (1994). *Tohumlu Bitkiler Gymnospermae (Açık Tohumlular)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Arabatzi, A.A., & Burkhart, H.E. (1992). An evaluation of sampling methods and model forms estimating height-diameter relationships in Loblolly pine plantations. *Forest Science*, 38, 192-198.
- Asmaz, H. (1993). Akdeniz Peyzajında Kızılçamın Önemi, *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 18-23 Ekim, Marmaris, 48-56.
- Atalay, İ., Sezer, L.İ. & Çukur, H. (1998). *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ormanlarının Ekolojik Özellikleri ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması*. Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi.
- Bolat, F., Ülker, O. & Günlü, A. (2022). Nonlinear height-diameter models for Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten.)in Dumanlı Forest Planning Unit, Çanakkale/Turkey. *Austrian Journal of Forest Science*, 139(3), 199-220.
- Boydak, M. (1992). Ormancılıkta araştırma ve uygulama yönleriyle dikim aralıklarının anlam ve önemi. *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 5-30.

- Boydak, M. (1988). Türkiye'deki sedir, ardıç ve kızılçamda yeni saptanan anıt orman ve ağaçlar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 38(2), 54-68.
- Boydak, M. (2004). Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. a review. *Plant Ecology*, 171, 153-163.
- Boydak, M., Dirik, H., & Çalıkoğlu, M. (2006). *Kızılçamın (Pinus brutia Ten.) Biyolojisi ve Silvikültür*. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayınları.
- Calama, R., & Montero, G. (2004). Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 150-163.
- Carus, S. (1998). *Aynı Yaşlı Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky) Ormanlarında Artım ve Büyüme*. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Carus, S., & Çatal, Y. (2017). Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmaları için bazı çap-boy modellerinin karşılaştırılması. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18(2), 94-101.
- Carus, S., & Akguş, Y. (2018). Tarsus yöresi fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1), 1-8.
- Carus, S., & Çatal, Y. (2018). Development of Stand Height Curve Models on Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Stands of Black sea Region. *Turkey International Congress on Engineering and Life Science*. April, 26-29, Kastamonu, 201-209.
- Castedo Dorado, F., Dieguez-Aranda, U., Barrio Anta, M., Sanchez Rodriguez, M., & Gadow, K. (2006). A Generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 229, 202-213.
- Chenge, I. B. (2021). Height-diameter relationship of trees in Omo strict nature forest reserve, Nigeria. *Trees, Forests and People*, 3, 100051.
- Colbert, K.C., Larsen, D.R., & Lootens, J.R. (2002). Height-diameter equations for thirteen midwestern bottomland hardwood species. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19(4), 171-176.
- Crecente-Campo, F., Tom, M., Soares, P., & Dieguez-Aranda, U. (2010). A generalized nonlinear mixed-effects height-diameter model for *Eucalyptus globulus* L. in northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 259, 943-952.
- Çatal, Y. (2009). *Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Çatal, Y. (2012). Göller yöresinde yalancı akasya, anadolu karaçamı ve toros sediri ağaç türleri için çap-boy modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 92-96.
- Çepel, N. (1984). Ekosistem kavramı ve ekosistem amenajmanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34(2), 23-32.
- Diamantopoulou, M. J., & Özçelik, R. (2012). Evaluation of different modeling approaches for total tree-height estimation in mediterranean region of Turkey. *Forest Systems*, 21(3), 383-397.
- Dolph, K. L. (1989). Height-Diameter Equations for Young-growth Red Fir in California and Southern Oregon. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. PSW-408,4p.
- Doyog, N. D., Lumbres, R. I. C., Calora Jr, F. G., Pampolina, N. M., Gamboa, M. D., Chichioco, D. S., & Lee, Y. J. (2021). Nonlinear Height-DBH Model Analysis For Three Tropical Tree Species In Mt. Makiling, Philippines. *Journal of Sustainable Forestry*, 40(5), 491-507.
- Ercanlı, I., Günlü, A., & Başkent, E.Z. (2015). Mixed effect models for predicting breast height diameter from stump diameter of Oriental beech in Göldağ, *Scientia Agricola*, 72(3), 245-251.
- Ercanlı, İ. (2020). Artificial intelligence with deep learning algorithms to model relationships between total tree height and diameter at breast height. *Forest Systems*, 29(2), e013.
- Ercanlı, İ., & Eyüboğlu, D. (2019). Ağaçların çap-boy modellenmesine ilişkin otokorelasyon probleminin giderilmesinde karışık etkili doğrusal olmayan regresyon modelleri ile otoregresif regresyon modellerinin etkinliğinin karşılaştırılması. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 17-27.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., & Yavuz, H. (2012). Trabzon orman bölge müdürlüğü doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için karışık etkili doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile doğu ladini çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 75-84.
- Erten, P., & Taşkın, O. (1985). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Kabuklarında Tanen Miktarının Saptanmasına İlişkin Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten No: 147, 125s.
- Fang, Z., & Bailey, R.L. (1998). Height–diameter models for tropical forest on Hainan Island in southern China. *Forest Ecology and Management*, 110, 315-327.
- Ferraz Filho, A. C., Mola-Yudego, B., Ribeiro, A., Scolforo, J. R. S., Loos, R. A. & Scolforo, H. F. (2018). Height-diameter models for *Eucalyptus* sp. plantations in Brazil. *Cerne*, 24(1), 9-17.

- Göçer, N. (2016). *Batı Akdeniz Yöresi Doğal Toros Sediri Meşcereleri için Karışık Etkili Çap-Boy Modellerinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gürgün, S. (2023). *Tokat-Almus Yöresi Doğu Kayını Meşcereleri için Çap-Boy Modellerinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Gülsoy, S. Şentürk, Ö., & Negiz, M, G. (2013). Hedef türler için gösterge bitki türlerinin sayısal metotlar kullanarak tespiti: Acıpayam Yöresi örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 10-14.
- Huang, S., Meng, S. X., & Yang, Y. (2009). Assessing the goodness of fit of forest models estimated by nonlinear mixed-model methods. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(12), 2418-2436.
- Huang, S., Titus, S.J., Wiens, D.P., (1992). Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 22, 1297-1304.
- Huang, S. (1999). Ecoregion-based individual tree height-diameter models for lodgepole pine in Alberta. *Western Journal of Applied Forestry*, 14(4), 186-193.
- Huang, S., Price, D., & Titus, S.J. (2000). Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 12, 125-141.
- Jayaraman, K., & Zakrzewski, W.T. (2001). Practical approaches to calibrating height-diameter relationships for natural sugar maple stands in Ontario. *Forest Ecology and Management*, 148(3), 169-177
- Kalıpsız, A. (1982). *Orman Hasılat Bilgisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Gençlik Basımevi.
- Kalıpsız, A., & Eler, Ü. (1984). Lübnan sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlarının gelişmesi üzerine örnekler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34(2), 1-17.
- Kasaplıgil, B. (1952). Türkiye’de akdeniz iklim tipinin hâkim olduğu bölgelerde orman vejetasyonu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(2), 47-65.
- Kayacık, H. (1968). *Orman ve park ağaçlarının özel sistematigi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kutulmuş Matbaası.
- Koparan, B. (2021). *Bilecik Yöresi Meşe Türleri için Çap-Boy Modellerinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

- Larsen, D.R., & Hann, D.W. (1987). Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, Research paper No: 49, 16 p.
- Lappi, J. (1997). A longitudinal analysis of height/diameter curves. *Forest science*, 43(4), 555-570.
- Lei, Y. & Parresol, B. R. (2001). Remarks on height-diameter modeling, USDA Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC, Research Note: SRS10, 6p.
- Lhotka, J, M. (2012). Height-diameter relationships in sweetgum (*Liquidambar styraciflua*)-dominated stands. *Southern Journal of Applied Forestry*, 36(2), 98-106.
- López Sánchez, C.A., Gorgoso Varela, J., Castedo Dorado, F., Rojo Alboreca, A., Rodríguez Soalleiro, R., Alvarez González, J.G. and Sánchez Rodríguez, F., (2003). A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Annals of Forest Science*, 60, 237-245.
- López, A. M., Trincado, G., Barrios, A., & Nieto, V. (2013). Modelos regionales de altura-diámetro para plantaciones jóvenes de *Eucalyptus tereticornis* en la costa atlántica colombiana. *Bosque (Valdivia)*, 34(2), 233-241.
- Lootens, J.R., Larsen, D.R., Shifley, S.R., (2007). Height-diameter equations for 12 upland species in the Missouri Ozark Highlands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 24(2), 149-152.
- Lumbres, R. I. C., Jin Lee, Y., Calora Jr, F. G., & Parao, M. R. (2013). Model fitting and validation of six height–DBH equations for *Pinus kesiya* Royle ex Gordon in Benguet Province, Philippines. *Forest science and Technology*, 9(1), 45-50.
- Mısıır, N. (2010). Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology*, 9(8), 4348-4355.
- OGM, (2015). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- OGM, (2021). Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Özçelik, R., & Çapar, C. (2014). Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için geliştirilmiş çap- boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 44-52.
- Parresol, B.R. (1992). Baldcypress height–diameter equations and their prediction confidence interval. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 1429–1434.
- Peng, C.H. (1999). Nonlinear height-diameter models for nine tree species in Ontario boreal forests. Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, OFRI-Rep. 155, 28p.

- Peng, C., Zhang, L., Huang, S., Zhou, X., Parton, J., & Woods, M. (2001). Developing Ecoregion-Based Height-Diameter Models for Jack Pine and Black Spruce in Ontario. Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, OFRI-Rep, 159, 10p.
- Peng, C., Zhang, L., Zhou, X., Dang, Q., & Huang, S. (2004). Developing and evaluating tree height-diameter models at three geographic scales for Black spruce in Ontario. *Northern Journal of Applied Forestry*, 21, 83-92.
- Pienaar, D. J., Hall-Martin, A. J., & Hitchins, P. M. (1991). Horn growth rates of free-ranging white and black rhinoceros. *Koedoe*, 34(2), 97-105.
- Raptis, D. I., Kazana, V., Kazaklis, A., & Stamatiou, C. (2021). Mixed-effects height-diameter models for Black pine (*Pinus nigra* Arn.) forest management. *Trees*, 35, 1167-1183.
- Rodríguez-Ortiz, G., Aragón-Peralta, R. D., Enríquez-del Valle, J. R., Hernández Hernández, A., Santiago-García, W., & Campos-Angeles, G. V. (2020). Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* lindl. var. *Oaxacana* del sur de México. *Interciencia*, 45(2), 96-101.
- Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kutulmuş Basımevi.
- Scaranello, M. A. D. S., Alves, L. F., Vieira, S. A., Camargo, P. B. D., Joly, C. A. & Martinelli, L. A. (2012). Height-diameter relationships of tropical Atlantic moist forest trees in southeastern Brazil. *Scientia Agricola*, 69(1), 26-37.
- Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(9), 1128-1140.
- Seki, M. (2022). Height-diameter allometry of two commercial pine species located in low productive forest stands of northwestern Türkiye. *Austrian Journal of Forest Science*, 139 (4), 265-288.
- Seki, M., & Sakici, O. E. (2022). Ecoregional variation of Crimean pine (*Pinus nigra* subspecies *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) stand growth. *Forest Science*, 68(5-6), 452-463.
- Sharma, M., & Parton, J. (2007). Height-diameter equations for boreal tree species in ontario using a mixed-effects modeling approach. *Forest Ecology and Management*, 249, 187-198.
- Sloboda, V. B., Gaffrey, D., & Matsumura, N. (1993). Regionale und lokale Systeme von Höhenkurven für gleichaltrige Waldbestände. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 164(12), 225-228.
- Sönmez, T. (2009). Generalized height-diameter models for *Picea orientalis* L. *Journal of Environmental Biology*, 30, 767-772.

- Şen, C. (2023). *Tosya Orman İşletme Müdürlüğü Değişik Yaşlı Gökmar-Sarıçam Meşcereleri için Çap-Boy Modellerinin Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Trincado, G., VanderSchaaf, C. L., & Burkhart, H. E. (2007). Regional mixed-effects height-diameter models for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations. *European Journal of Forest Research*, 126, 253-262.
- Vargas-Larretia, B., Castedo-Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., Barrio-Anta, M., & Cruz-Cobos, F. (2009). A generalized height-diameter model with random coefficients for uneven-aged stands in El Salto, Durango (Mexico). *Forestry*, 82, 445-462.
- Yalçın, F., & Boydak, M. (1989). Ülkemizde yeni bir kızılçam varyetesi ve kızılçamın varyasyonları (a new variety and variations of *Pinus brutia* Ten. in Turkey). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 39(2), 42-64.
- Yalçın, F., & Boydak, M. (2000). A new variety of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) from Anatolia. *Karaca Arboretum*, 5(4), 173-180.
- Zhang, L., Peng, C., Huang, S., & Zhou, X. (2002). Development and evaluation of ecoregion-based jack pine height-diameter models for Ontario. *The Forestry Chronicle*, 78, 530-538.
- Zhang, L. (1997). Cross-validation of nonlinear growth functions for modeling tree height-diameter distributions. *Annals of Botany*, 79, 251-257.
- Wykoff, W.F., Crookston, N.L., & Stage, A.R. (1982). User's Guide to the Stand Prognosis Model. USDA Forest Service., Intermountain Forest and Range Experimental Station, Ogden, General Technical Report INT 133, UT, 113 p.

EKLER

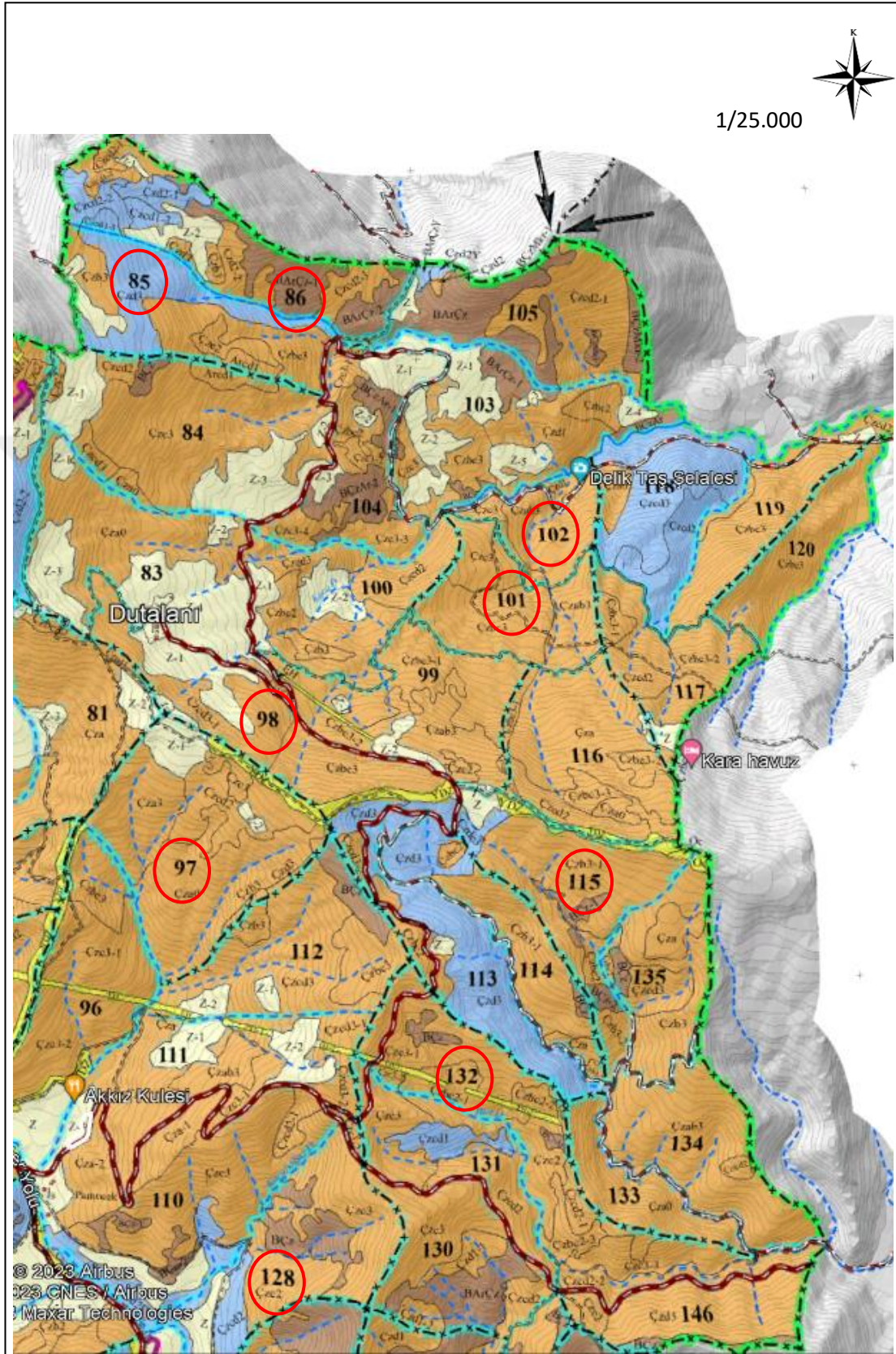
EK A. Haritalar

EK B. Çizelgeler

EK C. Fotoğraflar



EK A. Haritalar



Şekil A.1. Örnek alanların alındığı bölme numaralarının (kırmızı çember içerisindeki) gösterildiği meşçere haritası

EK B. Çizelgeler

Çizelge B.1. Örnek alanların bazı amenajman, dendrometrik ve yetiştirme ortamı verileri

Örnek Alan No	Meşçere tipi	Meşçere orta yaşı (yıl)	Meşçere orta çapı (cm)	Meşçere orta boyu (m)	Bonitet endeksi (m)	Bonitet Sınıfı	Bakı	Yükselti (m)
1	Çzb2	23	18.25	9.35	22	1	K	1119
2	Çze2	94	51.16	23.18	25	1	D	789
3	Çze2	29	25.79	10.03	21	2	G	830
4	Çzde3	73	32	17.51	22	2	K	750
5	Çzd2	51	41.8	18	21	2	KD	711
6	Çzde2	60	45.48	22.16	25	1	K	920
7	Çzbc3	29	17.67	10.17	21	2	KD	887
8	Çzcd2	64	47.94	21.94	25	1	K	798
9	Çze3	61	38.92	20.14	25	1	KD	968
10	Çze3	69	43.81	21.59	25	1	D	890
11	Çze3	44	26.65	19.74	25	1	B	650
12	Çzbc2	48	25.11	16.34	22	1	KD	977
13	Çzb3	25	16.86	10.31	22	2	KD	910
14	Çzb3	27	17.66	11.68	23	1	GB	945
15	Çzcd2	68	46.82	19.33	24	1	KD	715
16	Çzcd3-2	50	38.85	17.38	24	1	B	934
17	Çzde2	60	44.89	19.21	25	1	K	1084
18	Çzcd3	52	38.26	17.59	24	2	D	1061
19	Çzde2	68	43.66	18.97	23	2	G	1207
20	Çzde2	89	46.29	19.24	21	2	G	1150
21	Çzcd3	63	35.90	17.62	23.5	1	G	919
22	Çzcd3-1	63	37.35	18.28	23.5	1	G	1115
23	Çzcd3	75	40.79	18.87	23	1	KD	878
24	Çzcd3	63	37.39	17.86	23.5	1	KD	980
25	Çze2	73	43.83	19.22	23	2	GB	880
26	Çzb3-1	30	17.64	9.67	22	3	KD	827
27	Çzcd2	54	34.23	15.71	21	2	KD	880
28	Çzd2	62	38.32	16.32	14.5	2	D	1012
29	Çzd2	65	40.11	18.18	23	2	KD	776
30	Çze2	52	29.11	10.74	16	3	D	799
31	Çzb3	36	16.68	10.32	17	3	K	860
32	Çzbc3-1	34	17.33	8.70	17	3	D	750
33	Çzbc2	42	24.42	16.79	25	1	KD	1116
34	Çzcd2	67	40.43	16.08	20	2	KD	1284
35	Çzd3	75	48.63	19.66	23	2	D	1010
36	Çzd3	78	46.76	18.89	21	2	D	1015
37	Çze3	41	29.11	18.66	25	1	K	1106
38	Çzbc2	38	24.79	16.05	24	1	GB	770
39	Çzcd2-1	71	45.94	19.52	23	1	Doğu	1074
40	Çzcd2	73	46.59	19.21	22	2	KD	1163

Çizelge B.1. Örnek alanların bazı amenajman, dendrometrik ve yetiştirme ortamı verileri
(Devamı)

Örnek Alan No	Meşcere tipi	Meşcere orta yaşı (yıl)	Meşcere orta çapı (cm)	Meşcere orta boyu (m)	Bonitet endeksi (m)	Bonitet Sınıfı	Bakı	Yükselti (m)
41	Çzbc3-1	30	18.61	10.06	19	3	D	1118
42	Çzbc3-2	31	18.33	9.78	19	2	KD	912
43	Çzb3	28	15.63	9.26	21	2	D	779
44	Çzcd2	77	46.51	20.86	24	1	D	700
45	Çze3	54	37.74	16.87	24	2	KD	613
46	Çzbc3	31	18.55	9.70	21	3	K	658
47	Çze3	43	25.42	17.84	25	1	KD	562
48	Çzbc3	42	18.26	9.62	16	3	D	580
49	Çzbc2	28	22.36	9.15	19	3	K	460
50	Çzbc3	34	16.79	8.05	15	3	GB	570
51	Çzbc2	42	23.26	15.79	24	1	K	730
52	Çze3-1	45	24.21	16.31	24	1	KB	740
53	Çze3	44	25.20	17.48	25	1	B	801
54	Çze3	44	23.13	16.41	24	1	B	620
55	Çze3	41	23.74	17.51	25	1	B	560
56	Çzd2	58	34.68	13.63	20	3	B	530
57	Çzbc2	43	24.50	15.28	23	1	D	820
58	Çze3	53	29.44	16.92	23.5	1	D	871
59	Çze2	53	28.72	11.46	16	3	D	621
60	Çzd2	77	41.45	18.55	22	1	KD	661
61	Çzd2	76	47.28	19.90	23.5	1	D	668
62	Çzd2	50	32.50	16.23	25	2	D	870
63	Çzb2	35	17.47	9.66	18	2	G	919
64	Çzb2	32	19.35	10.86	22	2	G	678
65	Çze2	36	23.73	10.30	20	3	KD	767
66	Çze2	38	23.44	10.23	18	3	D	740
67	Çzde3	73	33.89	17.43	22	2	B	690
68	Çzd3	45	36.39	17.53	24	1	GD	962
69	Çzde3	60	41.85	17.95	23	2	D	926
70	Çzde2	66	42.95	20.03	25	1	K	1020
71	Çzde3	60	35.32	17.76	22	1	B	882
72	Çzd3	54	35.90	18.59	25	1	KD	560
73	Çze2	53	29.89	8.60	13	3	KD	728
74	Çzd3	59	35.26	16.08	21	2	K	715
74	Çzd3	59	35.26	16.08	21	2	K	715

EK C. Fotoğraflar



Şekil C.1. Örnek alanlardan birine ait görsel

ÖZGEÇMİŞ

