T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU VE SİNOP YÖRESİ DOĞAL SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİ İÇİN EKOLOJİK TABANLI BÜYÜME MODELLERİ

FADİME SAĞLAM

DOKTORA TEZİ

DOÇ. DR. OYTUN EMRE SAKICI

KASIM - 2021
KASTAMONU

TEZ ONAYI

FADİME SAĞLAM tarafından hazırlanan "**KASTAMONU VE SİNOP YÖRESİ DOĞAL SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİ İÇİN EKOLOJİK TABANLI BÜYÜME MODELLERİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **04.11.2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Hakkı YAVUZ Karadeniz Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Emrah ÖZDEMİR İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Fadime SAĞLAM

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KASTAMONU VE SİNOP YÖRESİ DOĞAL SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİ İÇİN EKOLOJİK TABANLI BÜYÜME MODELLERİ

FADİME SAĞLAM

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. OYTUN EMRE SAKICI

Bu çalışmada Kastamonu ve Sinop yöresi saf ve doğal sarıçam meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modelleri (meşcere, çap dağılım ve tek ağaç modelleri) ile çap-boy ve dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla çeşitli ekolojik faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle oluşan ekolojik bölge sınıflaması modellerde altlık olarak kullanılmış ve ekorejyonlar arasında farklılıklar araştırılmıştır. Çalışma materyali olarak 292 örnek alan ve 268 örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Karışık etkili modelleme yaklaşımı ile yapılan tahminlere ilişkin ekolojik farklılıklar Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı Testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. İlgili test sonucunda model tahminleri bakımından ekorejyonlar arasında farklılıklar olduğu ortaya konulmuş olup ekolojik tabanlı modellerin kullanılması uygun bulunmuştur. Çalışma sonucunda, çap-boy modeli olarak Sharma ve Parton (2009) tarafından modifiye edilen "d" tesadüfi etki parametreli genelleştirilmiş çap-boy modeli (DH10) en başarılı bulunmuştur (R^2=0,951). Bonitet endeks modellerinden "c" tesadüfi etkili parametreye sahip King-Prodan dinamik bonitet endeks modeli (R^2=0,977) büyüme kanuniyetleri bakımından sunduğu başarılı sonuçlar ile en uygun model olarak seçilmiştir. Meşcere orta çapı, orta boyu, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacmi için sırasıyla Pienaar modeli (M4) için "c" parametresi, Coble modeli (M2) için "c" parametresi, Clutter modeli (M3) için "a" ve "c" parametreleri, Pienaar modeli (M4) için "b" ve "c" parametreleri ve Pienaar modeli (M4) için "b" ve "c" parametreleri en başarılı sonuçları vermişlerdir. Modellere ilişkin R^2 değerleri sırasıyla 0,832; 0,972; 0,855; 0,944 ve 0,940'tır. Çap dağılım modellerinin geliştirilmesinde olasılık yoğunluk fonksiyonlarından yararlanılmış ve Johnson SB dağılımı tüm ekorejyonlarda en başarılı sonuçlara ulaşmıştır. Tek ağaç modelleri, ağaca ilişkin göğüs çapı yanında meşcere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi ve meşcere orta çapı gibi meşcere özellikleri ile yarışma endekslerine bağlı olarak son 5 yıllık çap artımlarını tahmin etmek üzere geliştirilmiş olup R^2 değeri 0,691'dir. Kastamonu ve Sinop yöresi doğal sarıçam meşcerelerinde istatistiksel ve grafiksel incelemeler sonucunda ekolojik farklılıklar ortaya konulmuş olup, her bir ekorejyon için bonitet endeks tabloları ile sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Ekolojik tabanlı büyüme modeli, sıklığa bağlı hasılat tablosu, dinamik bonitet endeks modeli, ekorejyon, karışık etkili modelleme, sarıçam.

Kasım 2021, 242 Sayfa

ABSTRACT

Ph.D THESIS

ECOLOGICALLY-BASED GROWTH MODELS FOR SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) STANDS IN KASTAMONU AND SINOP REGIONS

FADİME SAĞLAM

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. OYTUN EMRE SAKICI

In this study, ecologically-based growth models (stand models, diameter distribution models and single tree models), and also height-diameter and dynamic site index models were developed for Scots pine stands of Kastamonu and Sinop region. For this purpose, ecoregion classification, which is formed by evaluating various ecological factors, was used in the models and the differences between ecoregions were investigated. The data obtained from 292 sample plots and 268 sample trees were used as study material. The estimations made with the mixed effects modeling approach were compared using the Non-Linear Sum of Extra Squares Test. As a result, it was revealed that there were differences between ecoregions and found appropriate to use ecological-based models. The R^2 value for the generalized height-diameter model with "d" random effect parameter modified by Sharma and Parton (2009) is 0,951. King-Prodan dynamic site index model with "c" random effect parameter was chosen as the most suitable model with R^2=0,977. Pienaar model (M4) with "c", Coble model (M2) with "c", Clutter model (M3) with "a" and "c", Pienaar model (M4) with "b" and "c", and Pienaar model (M4) with "b" and "c" random effect parameters gave the best results in order of mean diameter, mean height, number of trees, stand basal area and stand volume. The R^2 values for these models are 0,832; 0,972; 0,855; 0,944 and 0,940, respectively. Probability density functions were used to develop diameter distribution models and Johnson SB distribution achieved the most successful results in all ecoregions. Single tree model have been developed to estimate the diameter increments of the last 5 years, and its R^2 value is 0,691. As a result of statistical and graphical examinations for Scots pine stands in Kastamonu and Sinop region, ecological differences have been revealed and site index tables and density-variable yield tables have been prepared for each ecoregion.

KEYWORDS: Ecologically-based growth model, density-variable yield table, dynamic site index model, ecoregion, mixed effect modelling, Scots pine.

November 2021, 242 Pages

TEŞEKKÜR

"Kastamonu ve Sinop Yöresi Doğal Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri için Ekolojik Tabanlı Büyüme Modelleri" isimli bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tez danışmanlığını üstlenerek, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Doktora tez izleme sürecinde fikir ve görüşlerini sunarak, yardımlarını esirgemeyen tez izleme komite üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK ve Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK'e teşekkürü borç bilirim. Tez çalışmasının değerlendirilmesi aşamasında değerli katkılarını esirgemeyen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Hakkı YAVUZ ve Doç. Dr. Emrah ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarında sunmuş oldukları imkânlardan dolayı Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlüklerinin idari ve teknik personeline teşekkürü borç bilirim. Çalışma süresince fikir alışverişinde bulunduğum ve görüşlerinden yararlandığım değerli hocalarım Doç. Dr. İlker ERCANLI ve Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT ile değerli arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SEKİ ve Dr. Ferhat BOLAT'a teşekkür ederim. Çalışmanın yöntem kısmında kıymetli fikir ve görüşlerini esirgemeyen Prof. Dr. İbrahim ATALAY ve Dr. Gerónimo QUINONEZ-BARRAZA'ya teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiren eşim Murat SAĞLAM ile gerek zaman gerek ilgi alakasından fazlaca çaldığım biricik oğlum Barlas Mehmet SAĞLAM'a ve maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen kıymetli annem Nurhayat KÖYLÜ, babam Mehmet KÖYLÜ, kardeşlerim Seyfullah KÖYLÜ, Feyzullah KÖYLÜ, Hasan KÖYLÜ ve Nuriye KÖYLÜ'ye çok teşekkür ederim.

Çalışmaya maddi destek sağlayan Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (KÜ-BAP012019-41 nolu BAP Projesi) ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına yararlı olmasını dilerim.

FADİME SAĞLAM

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ii
TAAHHÜTNAME iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
TABLOLAR DİZİNİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiv
1. GİRİŞ 1
1.1 Genel Bilgiler 1
1.2 Sarıçam Ağaç Türüne İlişkin Genel Bilgiler 6
1.3 Büyüme Modelleri 10
1.3.1 Meşcere Büyüme Modelleri 12
1.3.2 Çap Sınıfı Modelleri 14
1.3.3 Tek Ağaç Modelleri 16
1.4 Ekolojik Tabanlı Modelleme Yaklaşımı 17
2. MATERYAL VE YÖNTEM 20
2.1 Çalışma Alanı 20
2.2 Materyal 26
2.3 Yöntem 37
2.3.1 Meşcere Modelleri 37
2.3.1.1 Örnek alan verilerinin değerlendirilerek meşcere öğelerinin hesaplanması 38
2.3.1.1.1 Meşcere orta yaşının hesaplanması 38
2.3.1.1.2 Meşcere orta çapının belirlenmesi 39
2.3.1.1.3 Çap-boy modelleri 40
2.3.1.1.4 Meşcere orta boyunun hesaplanması 45
2.3.1.1.5 Meşcere üst boyunun hesaplanması 45
2.3.1.1.6 Meşcere ağaç sayısının hesaplanması 46
2.3.1.1.7 Meşcere göğüs yüzeyinin hesaplanması 46
2.3.1.1.8 Meşcere hacminin hesaplanması 46
2.3.1.1.9 Meşcere sıklığının hesaplanması 47
2.3.1.1.10 Yetişme ortamı verim gücünün belirlenmesi 48
2.3.1.2 Kalan (asli) meşcere öğelerinin hesaplanması 55
2.3.1.3 Ayrılan (ara) meşcere öğelerinin hesaplanması 57
2.3.1.4 Hasılat tablosunun diğer öğelerinin hesaplanması 58
2.3.2 Çap Dağılım Modelleri 60
2.3.3 Tek Ağaç Modelleri 62
2.3.3.1 Tek ağaca ilişkin büyüme öğelerinin hesaplanması 63
2.3.3.2 Tek ağaç büyüme modelinin denetimi ve kontrolü 67
2.3.4 Ekolojik tabanlı büyüme modelleri ve ekolojik farklılıkların test edilmesi 68

2.3.5 Büyüme modellerinin istatistiksel ölçütler bakımından değerlendirilmesi 69
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 72
3.1 Meşcere Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma....72
3.1.1 Çap-Boy Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 72
3.1.2 Yetişme Ortamı Verim Gücü Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 81
3.1.3 Kalan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular ve Tartışma 100
3.1.4 Ayrılan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular ve Tartışma....138
3.1.5 Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu 139
3.2 Çap Dağılım Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma....155
3.3 Tek Ağaç Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma....183
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER....194
KAYNAKLAR 206
EK A. Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu....229
EK B. Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu 232
ÖZGEÇMİŞ....241

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Sarıçamın ülkemizdeki yayılışı....8
Şekil 2.1 Çalışma alanı....21
Şekil 2.2 Türkiye'nin ekolojik bölgeleri....22
Şekil 2.3 Karadeniz iklim bölgesi....24
Şekil 2.4 Çalışma alanı sarıçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımları....25
Şekil 2.5 Örnek alanların çalışma alanına ve ekorejyonlara dağılımları....27
Şekil 2.6 Örnek alanların eğim, bakı ve yükselti gruplarına dağılımları....34
Şekil 2.7 Örnek ağaçların yaş-boy dağılımları....37
Şekil 2.8 Çap-boy modellerinin geliştirilmesinde kullanılan verilere ilişkin dağılımlar....43
Şekil 3.1. Çap-boy modelinin tahmin ve hata grafikleri....79
Şekil 3.2 Karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerine ilişkin tahmin ve hata grafikleri....86
Şekil 3.3 Farklı standart yaşlara ilişkin oransal hata yüzdeleri....88
Şekil 3.4 Ekorejyonlar için bonitet endeksleri ile genel ortalama boy artımlarının değişimi....90
Şekil 3.5 Ekorejyonlar arasında bonitet endeks eğrilerinin değişimi....94
Şekil 3.6 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 1)....97
Şekil 3.7 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 2)....97
Şekil 3.8 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 3)....98
Şekil 3.9 Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları....102
Şekil 3.10 Örnek alanların sıklık sınıflarına dağılımları....102
Şekil 3.11 Örnek alanların bonitet sınıflarına dağılımları....103
Şekil 3.12 Meşcere modellerine ilişkin tahmin ve hata grafikleri....117
Şekil 3.13 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 1)....120
Şekil 3.14 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 2)....121
Şekil 3.15 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 3)....122
Şekil 3.16 Ekorejyonlarda orta çap değişimleri....125
Şekil 3.17 Ekorejyonlarda orta boy değişimleri....126
Şekil 3.18 Ekorejyonlarda ağaç sayısı değişimleri....127
Şekil 3.19 Ekorejyonlarda göğüs yüzeyi değişimleri....128
Şekil 3.20 Ekorejyonlarda hacim değişimleri....129
Şekil 3.21 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 1)....143
Şekil 3.22 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 2)....144
Şekil 3.23 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 3)....145
Şekil 3.24 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 1)....151
Şekil 3.25 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 2)....152
Şekil 3.26 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 3)....153
Şekil 3.27 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri....175
Şekil 3.28 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 1)....177

Şekil 3.29 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 2).....178
Şekil 3.30 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 3).....180
Şekil 3.31 Ekorejyon 1'de yer alan 66. örnek alan için Johnson SB dağılımı.....181
Şekil 3.32 Ekorejyon 2'de yer alan 34. örnek alan için Johnson SB dağılımı.....181
Şekil 3.33 Ekorejyon 3'te yer alan 123. örnek alan için Johnson SB dağılımı....182
Şekil 3.34 Tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata grafikleri.....187
Şekil 3.35 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 1).....189
Şekil 3.36 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 2).....190
Şekil 3.37 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 3).....191

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Çalışma alanı saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımı 26
Tablo 2.2 Örnek alanlara ilişkin bilgiler 28
Tablo 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler 36
Tablo 2.4 Çap-boy modelleri için kullanılan örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler 42
Tablo 2.5 Çap-boy modellerinin geliştirilmesi için kullanılan modeller 44
Tablo 2.6 Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde kullanılan denklem yapıları 53
Tablo 2.7 Meşcere modellerinin geliştirilmesinde kullanılan regresyon denklemleri 57
Tablo 2.8 Çap dağılım modellemesinde kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları 61
Tablo 3.1 Çap-boy modellerine ilişkin parametre tahmin değerleri ve istatistiksel ölçütler 73
Tablo 3.2 Çap-boy modellerinin istatistiksel ölçütlere göre rölatif sıralaması 73
Tablo 3.3 DH10 modeline ilişkin tesadüfi etkili parametre seçeneklerinin rölatif sıralamaları 74
Tablo 3.4 Karışık etkili çap-boy modeline ilişkin parametre tahminleri 75
Tablo 3.5 Ekorejyonlar için karışık etkili çap-boy modeline ilişkin parametre tahminleri 75
Tablo 3.6 Çap-boy denklemlerine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 76
Tablo 3.7 Çap-boy denklemlerine ilişkin hesaplanan hata miktarları 77
Tablo 3.8 Bonitet endeks modellerine ilişkin tesadüfi etkili parametre kombinasyonları 82
Tablo 3.9 Bonitet endeks modelleri için başarı sıralamaları 83
Tablo 3.10 Bonitet endeks modellerine ilişkin hata yapıları ve başarı sıralamaları 83
Tablo 3.11 GCFY4c.arma modeline ilişkin parametre tahmin ve başarı ölçüt değerleri 84
Tablo 3.12 GCFY4c.arma ve indirgenmiş model için ekorejyonlara ait parametre değerleri 84
Tablo 3.13 GCFY4c.arma modeline ilişkin F-testi sonuçları 85
Tablo 3.14 Sarıçam için bonitet sınıfları sınır ve orta değerleri 88
Tablo 3.15 Bonitet endeks modellerine ilişkin hesaplanan hata miktarları 95
Tablo 3.16 Örnek alanlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler 101
Tablo 3.17 Orta çap modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 104
Tablo 3.18 Orta çap modellerine ilişkin başarı sıralaması 104
Tablo 3.19 Orta boy modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 105
Tablo 3.20 Orta boy modellerine ilişkin başarı sıralaması 105
Tablo 3.21 Ağaç sayısı modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 106

Tablo 3.22 Ağaç sayısı modellerine ilişkin başarı sıralaması 106
Tablo 3.23 Göğüs yüzeyi modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri.....107
Tablo 3.24 Göğüs yüzeyi modellerine ilişkin başarı sıralaması 107
Tablo 3.25 Hacim modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri..108
Tablo 3.26 Hacim modellerine ilişkin başarı sıralaması.....108
Tablo 3.27 Orta çap modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları 110
Tablo 3.28 Orta boy modeli M2 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları 110
Tablo 3.29 Ağaç sayısı modeli M3 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları 110
Tablo 3.30 Göğüs yüzeyi modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları 111
Tablo 3.31 Hacim modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları ...111
Tablo 3.32 Karışık etkili orta çap modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 112
Tablo 3.33 Karışık etkili orta boy modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 112
Tablo 3.34 Karışık etkili ağaç sayısı modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 112
Tablo 3.35 Karışık etkili göğüs yüzeyi modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri.....113
Tablo 3.36 Karışık etkili hacim modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri 113
Tablo 3.37 Ekorejyonlar için karışık etkili orta çap modeline ilişkin parametre tahminleri.....113
Tablo 3.38 Ekorejyonlar için karışık etkili orta boy modeline ilişkin parametre tahminleri.....114
Tablo 3.39 Ekorejyonlar için karışık etkili ağaç sayısı modeline ilişkin parametre tahminleri.....114
Tablo 3.40 Ekorejyonlar için karışık etkili göğüs yüzeyi modeline ilişkin parametre tahminleri.....114
Tablo 3.41 Ekorejyonlar için karışık etkili hacim modeline ilişkin parametre tahminleri.....114
Tablo 3.42 Karışık etkili orta çap denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 115
Tablo 3.43 Karışık etkili orta boy denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 115
Tablo 3.44 Karışık etkili ağaç sayısı denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 115
Tablo 3.45 Karışık etkili göğüs yüzeyi denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 115
Tablo 3.46 Karışık etkili hacim denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları 116
Tablo 3.47 Orta çap tahminlerine ilişkin hata değerleri.....133
Tablo 3.48 Orta boy tahminlerine ilişkin hata değerleri 134
Tablo 3.49 Ağaç sayısı tahminlerine ilişkin hata değerleri.....135
Tablo 3.50 Göğüs yüzeyi tahminlerine ilişkin hata değerleri 136
Tablo 3.51 Hacim tahminlerine ilişkin hata değerleri.....137

Tablo 3.52 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 1) 140
Tablo 3.53 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 2) 141
Tablo 3.54 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 3) 142
Tablo 3.55 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 1) 148
Tablo 3.56 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 2) 149
Tablo 3.57 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 3) 150
Tablo 3.58 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1). 156
Tablo 3.59 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1) 157
Tablo 3.60 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1) .. 158
Tablo 3.61 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1) 159
Tablo 3.62 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2). 160
Tablo 3.63 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2) 161
Tablo 3.64 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2) .. 162
Tablo 3.65 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2) 163
Tablo 3.66 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3). 164
Tablo 3.67 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3) 167
Tablo 3.68 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3) .. 169
Tablo 3.69 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3) 171
Tablo 3.70 Tek ağaçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler 183
Tablo 3.71 Tek ağaç çap artım modeline ilişkin TEP kombinasyonları 185
Tablo 3.72 Karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin parametre değerleri ve başarı ölçütleri 186
Tablo 3.73 Ekorejyonlara ilişkin tek ağaç model parametreleri 186
Tablo 3.74 Tek ağaç modeli için F-testi sonuçları 187

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$d_{1,30}$: Göğüs çapı
d_q : Meşcere göğüs yüzeyi orta ağacnın çapı
G : Meşcere göğüs yüzeyi
h_g : Meşcere orta boyu
h_{100} : Meşcere üst boyu
N : Meşceredeki ağaç sayısı
R^2 : Belirtme katsayısı
T : Meşcere yaşı
t_0 : Standart yaş
u_1 : Tesadüfi etkili parametre
V : Meşcere hacmi

Kısaltmalar

AIC : Akaike bilgi kriteri
AR : Otoregresif hata yapısı
ARMA : Otoregresif hareketli ortalama hata yapısı
BE : Bonitet endeksi
BIC : Bayesian bilgi kriteri
CFY : Cebirsel fark yaklaşımı
ÇKK : Çift kabuk kalınlığı
DF : Serbestlik derecesi
GCFY : Genelleştirilmiş cebirsel fark yaklaşımı
ha : hektar
HKOK : Hata kareler ortalamasının karekökü
HKT : Hata kareler toplamı
OBM : Orman Bölge Müdürlüğü
OGM : Orman Genel Müdürlüğü
OİM : Orman İşletme Müdürlüğü
OMH : Ortalama mutlak hata
SD : Sıklık derecesi
TEP : Tesadüfi etkili parametre

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

İnsan yaşamının önemli bir parçası olan ormanlar, topluma çeşitli sosyal, kültürel ve ekonomik faydalar sağlayan doğal kaynakların en önemlilerinden birisidir. İnsanoğlunun var oluşuyla başlayan insan-orman ilişkisi ilk zamanlar barınma ve gıda kaynağı olarak kendini göstermiştir. Sonrasında ise insanlığın gelişip, insanoğlunun çoğalmaya başlamasıyla ormanlardan yararlanma çeşitlilik kazanmıştır. Yenilenebilen doğal kaynakların en önemlilerinden olmalarının yanında alansal büyüklerinin çok fazla artış göstermemesi ve bu artış süresinin uzun yıllar almasından dolayı ormanlar; bilinçsiz ve aşırı kullanım, yangınlar, böcek zararı, kaçakçılık, göçler gibi birçok olumsuz durum sonucunda azalmaya yüz tutmuşlardır. Orman ekosistemlerinin karşı karşıya kaldığı bu bilinçsiz ve gelişigüzel yararlanma ve diğer biyotik ve abiyotik faktörler sonucunda orman yapılarının bozulması, çevre kirliliği, toprak kayıpları, biyolojik çeşitliliğin azalması ve tehlikeye girmesi, su kaynaklarının bozulması ve iklim değişimi gibi doğal dengeyi sekteye uğratacak birçok durum meydana gelmiştir. Nüfus artışı ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak bir yandan ormanlardan sağlanan sosyal, kültürel ve ekonomik olarak çok amaçlı yararlanmanın sağlanması, diğer yandan da orman ekosistemlerin sürekliliğinin garantiye alınması için bu yararlanmanın bir plan dahilinde yapılması gerekmektedir (Eraslan, 1982; Asan, 1999; Eler, 2001; Köse vd., 2001; Kapucu, 2004; Eler, 2013).

18. yüzyıl öncesinde ormanları korumaya yönelik bir yaklaşım benimsenirken, sonrasında ise yalnızca odun üretimini düzenleyen bir planlama yaklaşımı sergilenmiştir. 1960 yılından itibaren ise odun hammaddesi üretimi dışındaki diğer ürün ve fonksiyonların da dikkate alındığı çok yönlü yararlanmayı planlayan bir döneme geçilmiştir (Köse vd., 2001). Bu yaklaşımdaki amaç çok amaçlı yararlanma ilkesi çerçevesinde ormanların ürün ve fonksiyon üretme kapasitesinde bir azalmaya neden olmadan sürekli olarak yararlanmayı sağlamaktır (Köse vd., 2001; Mısır, 2001).

Ormanların rasyonel bir şekilde planlanarak, etkin ve verimli bir şekilde işletilebilmesi için ağaç türlerine ilişkin artım ve büyüme değerlerinin doğru ve güvenilir bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir (Akalp, 1978a; Mısır, 2003; Mısır ve Yavuz, 2013). Meşcere içerisindeki ağaçların artım ve büyüme miktarları toplamı meşcere artım ve büyümesini oluşturmaktadır. Ağaçlar topluluğu olan meşcerelerde, artım ve büyüme ilişkileri uzun yıllar alan bir süreçte ve kendine özgü kurallar çerçevesinde gelişmektedir (Çatal, 2009). Dinamik bir yapıya sahip olan meşcereler içerisinde uzun vadede sürekli bir değişim söz konusudur. Bu dinamik yapının takip edilmesindeki zorluk nedeniyle aynı yetişme ortamı verim gücüne sahip ve aynı silvikültürel müdahalelerin uygulandığı, değişik yaşlardaki meşcereler incelenerek, sonuçlar değerlendirilebilir. Bu sayede bir idare süresi kadar inceleme gerektiren çalışmalara eşdeğer sonuçlara ulaşılmış olacaktır (Avery ve Burkhart, 1994; Kalıpsız, 1998). Bu değerlendirmeler planlamaya altlık oluşturacak modellerin geliştirilmesine olanak sağlayabilmektedir.

Ormancılıkta büyüme modelleri, ormanların artım ve büyüme değerlerine ilişkin tahminler sunmaları ve orman amenajman planlarına temel veri kaynağı oluşturmaları bakımından öne çıkmaktadırlar (Gadow ve Hui, 1999). Büyüme modellerinin sağlamış olduğu değerli tahminler; orman ekosistemlerine uygun planlama ile sürdürülebilir orman yönetiminin sağlanmasında, silvikültürel müdahale seçeneklerinin ortaya konulmasında, zamansal değişime bağlı olarak meşcerelere ilişkin çeşitli değerlendirmelerin yapılabilmesinde ve envanter çalışmalarında önemli rol oynamaktadır (Burkhart, 1990; Xu, 2004; Weiskittel vd., 2011; Mısır ve Yavuz, 2013). Özellikle farklı alternatifler oluşturarak karar verme sürecinin geliştirilmesi, bu süreç sonucunda uygulanacak müdahaleler ile ormanın zamana göre projeksiyonun ortaya konulması, farklı meşcere kuruluşlarına ilişkin hacim artımlarının belirlenmesi ve meşcerelerin optimal duruma ulaşması ya da yaklaşması meşcere artım ve büyümesinin modellenmesiyle mümkün olmaktadır (Başkent vd., 2002; Çatal, 2009; Ercanlı, 2010; Kahriman, 2011). Uzun idare süreleri ile planlanan ormanların sahip oldukları servet ve artım değerlerinin doğru tahmin edilebilmesi oldukça önemli olmakta ve bu konuda büyüme modelleri çok değerli bilgiler sunmaktadır.

Çeşitli ağaç türlerini içeren orman ekosistemleri; değişen iklim, toprak, bitki örtüsü vb. özelliklere sahip geniş bir coğrafi alanı kapsamaktadır. Çeşitli iklim ve yetişme ortamı koşullarında yer alan meşcerelerin artım ve büyümesinin tahmin edilmesi, ekolojik tabanlı planlama yaklaşımları ve stratejilerinin ortaya konulmasında kritik öneme sahiptir (Klos vd., 2007). Ekolojik tabanlı modeller, yaygın olarak kullanılan ve ekolojik faktörleri dikkate almayan modellere göre meşcerelere ilişkin daha doğru ve daha güvenilir tahminler sunar ve sürdürülebilir yönetimin gerçekleştirilmesine yardımcı olurlar (Huang, 1994; Klos vd., 2007). Bir meşcereye ilişkin artım ve büyüme ilişkileri büyük ölçüde çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden, iklim, topografya, toprak ve fizyografik özelliklerin etkileri dikkate alınmalıdır (Özçelik vd., 2016a).

Ekolojik faktörler meşcere artım ve büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmakta ve artım ile büyüme tahminlerinde ekolojik faktörleri dikkate alarak geliştirilen ekolojik tabanlı modellerin kullanılması daha başarılı ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Xu, 2004). Ekolojik farklılıklar dikkate alınmadan çeşitli modellerin uygulanması, meşcere ve tek ağaçlara ilişkin tahminlerde yanlı sonuçlara sebep olabilmektedir (Huang vd., 2000a). Örneğin, Pillsbury vd. (1995) *Lithocarpus densiflorus* için hacim modelinin bölgesel farklılıkları dikkate almaksızın kullanılmasının tahminlerde %40'lara varan hatalara sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Huang vd. (2000a) çap-boy modellerinin ekolojik bölgeler dikkate alınmadan uygulanmasının ağaç boyu tahminlerinde %1-29 arasında fazla veya %2-2l arasında düşük tahminlere neden olabileceğini ortaya koymuşlardır. Zhang vd. (2002) Ontario'daki her bir ekolojik bölgede *Pinus banksiana* için boy tahmininde yerel çap-boy modelini kullanmış ve ilgili modelin ağaç boyunu %2-7 arasında olduğundan fazla tahmin ettiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde yanlış uygulamalar sonucu ortaya çıkan tahmin hataları Huang (1994), Huang vd. (1999), Huang (1999), Peng vd. (2004) ve Seki (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır. Tüm bu sebeplerden, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak, bilim insanları, planlayıcılar ve uygulayıcılar açısından artım ve büyüme ilişkilerinin daha hassas olarak değerlendirilmesine katkıda bulunmak için ekolojik tabanlı modellere ihtiyaç vardır.

2008 yılında yürürlüğe giren "Orman Amenajmanı Yönetmeliği" kapsamında amenajman planları "ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama" ilkesi çerçevesinde yapılmaktadır. Ekosistem tabanlı planlama yaklaşımının en önemli altlıklarından birisi de büyüme modelleridir. Farklı yetişme ortamı özelliklerine sahip ormanların, meşcere kuruluşlarındaki ve gelişimlerindeki farklılıklardan dolayı işletme amaçlarını gerçekleştirebilme potansiyelleri de farklı olabilmektedir (Özçelik vd., 2014a). Uygulayıcılar tarafından kolayca kullanılabilen ve aynı zamanda farklı ekolojik koşullar altında gelecekteki orman dinamiklerini tahmin etmek için yeterince de karmaşık yapıya sahip olan büyüme modellerine ihtiyaç vardır. Tercih edilen modeller deneysel verilere dayanmalı, ancak süreç tabanlı modeller gibi karmaşık da olmamalıdır (Ashraf vd., 2015). Bu sebeple Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama yaklaşımının sağlıklı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ekolojik tabanlı modeller oldukça önemli bir yere sahiptir.

Ekolojik bölgeler; iklim faktörleri, toprak özellikleri ve bitki örtüsü gibi benzer çevresel koşullarla karakterize edilen alanlardır (Rumyanstseva vd., 2020). Farklı ekolojik bölgeler içerisinde orman dinamikleri de farklı olmaktadır. Bu sebeple ormanlardan ve doğal ortamlardan sürekli faydalanma, o ortama ilişkin çeşitli özelliklerin detaylı olarak incelenmesiyle ve söz konusu ortamların ekolojik özelliklere göre sınıflandırılması ile mümkün olabilmektedir. Doğal ortamlara ilişkin sınıflandırma toprak, su ve ormancılık gibi doğal kaynaklara ilişkin potansiyellerin ortaya konulması ve bu potansiyele göre planlamanın yapılarak düzenli ve etkin faydalanmanın sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir (Atalay, 2014; Seki, 2020).

Ekosistem tabanlı orman yönetim sürecinin başarılı bir şekilde yürütülmesi için önemli öğelerden birisi de, ekosistemi etkileyen ve ekosisteme ait özellikleri karakterize eden çeşitli ilişki ve dinamiklerin doğasına ilişkin çıkarımlarda bulunmaktır. Ekolojik bölge tabanlı büyüme ilişkilerinin incelenmesi bu anlayışa ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Çoğunlukla, artım ve büyüme ilişkileri ekolojik bölgeler arasında farklılık göstermektedir. Bu sebeple istatistiksel olarak ayrımın gerekli olduğu yerlerde, farklı ekolojik bölgelere özgü modellerin geliştirilmesi her zaman tercih edilir. Bu tür bölgeselleştirilmiş modeller, ekolojik

bölgelerin tek tek analiz edilmesine izin verir ve bölgesel bazda daha güvenilir tahminler sağlayabilirler. Bu tür modeller amaçlanan uygulama alanlarının dışında uygulandığında olası hataları önleyebilirler (Huang vd., 2000a).

Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlükleri (OBM) gerek toplam ormanlık alan (yaklaşık 1,2 milyon ha) gerekse toplam servet (196,6 milyon m^3) ve artım (5,7 milyon m^3) bakımından Türkiye ormancılığında önemli bir yere sahiptir. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), ülkemizin ekolojik ve ekonomik açıdan en önemli ağaç türlerinden birisidir. Dünyada en geniş yayılışa sahip çam türü olan sarıçam (Dağdaş vd., 2019) ülkemizde (1,41 milyon ha) ve Kastamonu ve Sinop OBM'de de (yaklaşık 51 bin ha) önemli bir yayılışa sahiptir (OGM, 2021). Hem ülke genelinde hem de Kastamonu ve Sinop illeri içerisinde oldukça geniş bir yayılışa sahip olan sarıçam aynı zamanda oldukça farklı ekolojik koşullar altında yetişmekte ve yayılış gösterdiği alanlarda; toprak ve su kaynaklarının korunması, gerek iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azaltılması ve gerekse bu değişime adaptasyonun sağlanmasında anahtar bir role sahip olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, sarıçam ağaç türüne ilişkin olarak büyüme modellerinin geliştirilmesi aşamasında artım ve büyüme miktarlarına ilişkin güvenilir tahminler elde edilmesi ve bu tahminlerden yararlanarak planlama başarısının artırılmasında ekolojik farklılıkların yer alması oldukça önemli olmaktadır.

Ülkemizde aynı yaşlı, saf ve müdahale görmemiş mormal sıklıktaki sarıçam meşcereleri için Alemdağ (1967) tarafından normal hasılat tablosu, Sarıkamış, Göle ve Oltu yörelerinde yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri için de Erdemir (1974) tarafından yöresel bir hasılat tablosu düzenlenmiştir. Batı Karadeniz bölgesi sarıçam meşcereleri için Şenyurt (2011) ve Yalnızçam ile Uğurlu Orman İşletme Şefliklerinde yayılış gösteren sarıçam meşcereleri için ise Ercanlı vd. (2007a) tarafından sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir. Karadeniz Bölgesi sarıçam ve sarıçamın karışık meşcereleri için Yavuz vd. (2010) tarafından mekanistik modeller geliştirilmiştir. Literatürde yer alan bu çalışmalar incelendiğinde, Türkiye'nin ekonomik bakımdan önemli türlerinden birisi olan ve aynı zamanda çalışma alanı olan Kastamonu ve Sinop illerinde de önemli yayılış gösteren sarıçam ağaç türü için ekolojik faktörlerin ya da birçok ekolojik fakötürün birlikte

değerlendirilmesiyle yapılan ekolojik sınıflandırmaların modellerde dikkate alınmadığı görülmektedir. Gerek Türkiye'de ekolojik faktörlerin kısa mesafelerde önemli değişimler göstermesi, gerekse çalışmaya konu sarıçam ağaç türünün oldukça geniş alanlarda yayılış göstermesi türle ilgili yapılacak çalışmalarda ekolojik faktörlere bağlı sınıflandırmaların dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

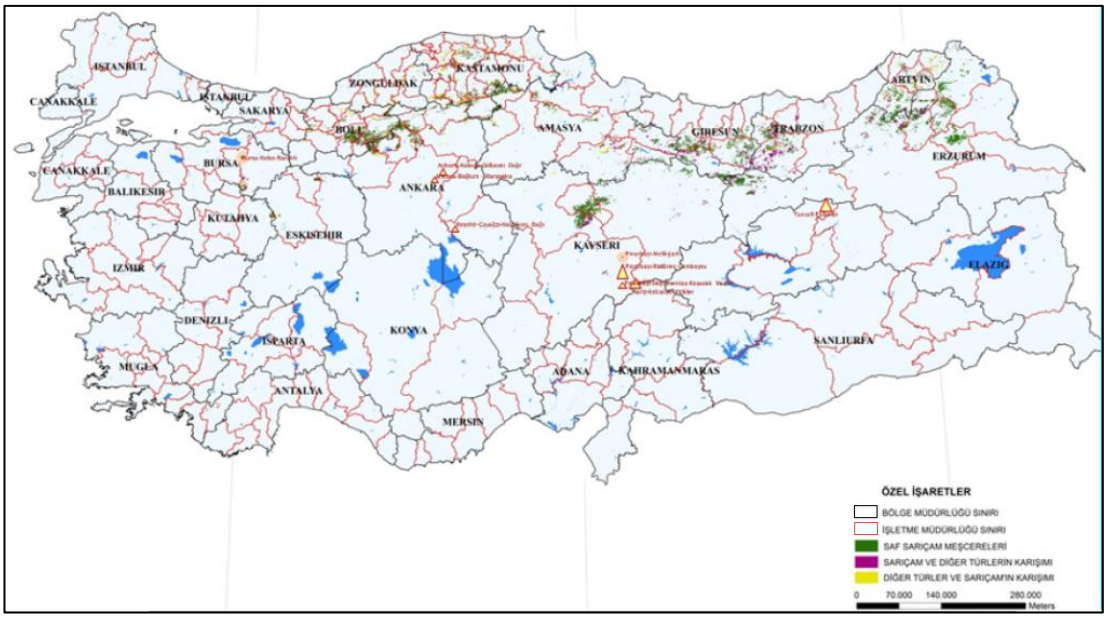
Bu tez çalışmasında, Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlüklerinde yayılış gösteren sarıçam meşcereleri için meşcere yaşı, bonitet ve meşcere sıklığı gibi bazı meşcere özelliklerinin yanında çeşitli ekolojik faktörlerin bütünleşmesiyle oluşan ekorejyonların da modellemeye dahil edilerek ilgili yöre ve ağaç türü için artım ve büyüme tahmini sağlayacak modellerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Söz konusun modeller, ekolojik bölge farklılıklarını dikkate almak üzere tek ağaç, çap dağılım ve meşcere modelleri olmak üzere üç temel bölüm ile hem yapılan çalışmaya hem de diğer çalışmalara altlık oluşturabilecek çap-boy ve dinamik bonitet endeks modellerini kapsamaktadır. Farklı yörelerde çeşitli ağaç türleri için geliştirilmiş ampirik büyüme modelleri bulunmasına rağmen farklı ekolojik şartların etkisini dikkate alan ekolojik tabanlı büyüme modelleri henüz gereken ilgiyi görmemiş bulunmakta ve bu sebeple ilgili çalışma büyük önem arz etmektedir. Çalışma sonucunda sarıçam ağaç türü için geliştirilecek olan ekolojik tabanlı modeller planlamaya altlık oluşturan tahminlerin çok yönlü, hassas ve güvenilir olmasına katkı sağlayabilecektir.

1.2 Sarıçam Ağaç Türüne İlişkin Genel Bilgiler

Sarıçam ilk kez 1753 yılında Linne tarafından teşhis edilmiş ve *Pinus sylvestris* L. olarak isimlendirilmiştir (Eliçin, 1972). Gymnospermae sınıfı, Pinaceae familyasının *Pinus* cinsinin bir türü olan sarıçam (*Pinus sylvestris*) birçok alttür ve varyeteye sahiptir. Sarıçam (*Pinus sylvestris*); *P. sylvestris* subsp. s*ylvestris, P. sylvestris* subsp. *hamata, P. sylvestris* subsp. *lapponica, P. sylvestris* subsp. *sibirica* ve *P. sylvestris* subsp. *kulundensis* olmak üzere beş alt türe ayrılmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997).

Türkiye'de ve dünyada oldukça geniş yayılış alanına sahip olan sarıçam sağladığı ekolojik ve ekonomik faydalar açısından oldukça önemli bir türdür. Çam türlerinin yayılış alanları incelendiğinde en geniş yayılış alanlarına sarıçamın ulaştığı görülür. Tamamıyla kuzey yarımkürede yayılış gösteren sarıçamın doğal olarak Avrupa ve Asya'da bulunduğu ve buralarda yaklaşık 37° N ile 70° N enlemleri ile 7° E ile 137° E boylamları arasında oldukça geniş bir yelpazeye ulaştığı görülür. Yayılış alanlarının sınırları: kuzeyde Sibirya stepleri, İskoçya, İskandinav ülkeleri ve güneyde ise İspanya'nın Pirene dağları, eski Yugoslavya, Bulgaristan, Türkiye ve Kafkaslardır (Pamay, 1962; Eliçin, 1972; Tetik, 1986; Anonim, 1993; Anşin ve Özkan, 1997).

Türkiye ormanlık alanlarının (22,9 milyon hektar) yaklaşık %48'ini iğne yapraklı ormanlar oluşturmakta ve sarıçam kapladığı normal kapalı alanlar bakımından iğne yapraklı türler arasında kızılçam ve karaçamdan sonra 3. sırayı almaktadır (OGM, 2021). Türkiye'de 38° 34' N (Kayseri-Pınarbaşı) ile 41° 48' N (Sinop-Ayancık) enlemleri ve 28° 50' E (Bursa-Orhaneli) ile 43° 05' E (Kars-Kağızman) boylamları arasında doğal bir yayılış alanına sahip olan sarıçam Eskişehir'in batısından başlayarak Kars-Sarıkamış üzerinden Kafkaslara geçer. Sarıçamın daha çok Karadeniz ardı orman mıntıkasında toplandığı ve ayrıca Orta Anadolu mıntıkasına kadar sokulduğu görülür. Sarıçamın dikey yayılışının Sürmene-Trabzon ve Arhavi-Artvin'de deniz seviyesinden, Kars-Sarıkamış'ta 2700 m'ye kadar çıkması sarıçamın oldukça geniş bir yayılışa sahip olduğunu göstermektedir (Pamay, 1962; Kayacık, 1963; Gökmen 1970; Saatçioğlu, 1976). Sarıçamın Türkiye'deki yayılışı Şekil 1.1'de verilmiştir. Pamay (1962)'a göre, yüksek rakımların orman ağacı olarak nitelenen sarıçamın dikey yayılışı 200 m ile 2700 m olmakla birlikte ortalama olarak 1000 m ile 2500 m arasında ise en fazla ve toplu yayılışını yapmaktadır. Bu yayılış alanlarında saf ve karışık meşcereler oluşturmaktadır. Sarıçam Batı Karadeniz Bölgesi'nde göknar, kayın, karaçam ve bazen de meşe ile Doğu Karadeniz Bölgesi'nde genellikle ladin, göknar ve kayın ile karışık meşcereler meydana getirmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nde ise karaçamla karışıma girmektedir. Birçok hallerde ise sarıçama titrek kavakla birlikte rastlamak mümkündür (Alemdağ, 1967).



Şekil 1.1 Sarıçamın ülkemizdeki yayılışı (OGM, 2013)

Sarıçam bulunduğu yetişme ortamına bağlı olarak 20-40 m boylanabilen, genç yaşlarda narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı iken yaşlandıkça dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı forma ulaşan bir orman ağacıdır. Gençlikte piramit şeklinde olan tepe tacı yaşlandıkça şemsiye şeklini alır. Kabuk genç gövdelerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde ve kalın dallarda tilki sarısı, kirli sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir ve ince tabakalar halinde ayrılmaktadır. Kabuk yaşlı bireylerin alt kısımlarında ise gri kahverengi renkte olup kalın ve çatlaklıdır. Meşcerede dalsız ve silindire yaklaşan gövdesi ile güzel bir görünüşe sahiptir. İlk yıl yeşilimsi olan sürgünler ikinci yıldan itibaren gri kahverengimsi bir renk alır. Kısa sürgünlerde yetişme ortamına göre 2-6 cm uzunlukta ikili olan iğne yapraklar, mavimsi yeşil veya boz yeşil renktedir. Olgun kozalaklar sivri yumurta şeklinde, mat boz renkte ve 2,5-7 cm uzunluktadır. Kök sistemi kuvvetli kazık köktür. Sağlam kökler derinlere iner ve yan kökler uzak mesafelere kadar uzanır (Kayacık, 1963; Gökmen, 1970; Anşin ve Özkan, 1997; Anşin, 2001).

Isı isteği değişmekle birlikte çok soğuk ve çok sıcağa karşı oldukça dayanıklıdır. Işık ihtiyacı fazladır. İstisnai olarak yarıgölgede yetişebilir. Genel olarak kuzeyli bakıları tercih etmektedir. Sarıçam, ülkemiz ve dünyadaki yetişme ortamlarında ekolojik koşullar bakımından son derece farklılık arz eden ortamlarda yayılmaktadır. Step kenarındaki sıcak-kurak yazlardan (+40°C), Sibirya'nın çok şiddetli kışlarına kadar

(-60°C) oldukça geniş bir ekolojik skalada yaşamını sürdürmektedir. Islak turba ve kil topraklarından kurak, kaba kum topraklarına; asit reaksiyondan alkalin reaksiyona kadar çok farklı koşullarda yaşayabilmektedir. Mineral maddeler, rutubet vb. edafik özellikler bakımından kanaatkâr olsa da derin, gevşek, humuslu ve serin toprakları sever. Sarıçamın yayılış gösterdiği alanlarda toprak pH'ının 4-7, optimum yayılış yaptığı alanlarda ise pH'ın 4,5-6 arasında olduğu saptanmıştır (Sevim, 1960; Gökmen, 1970; Çepel vd., 1976; Atalay, 2012).

Sarıçam ormanları aynı yaşlı yapı göstermesi sebebiyle amenajman yöntemlerinden yaş sınıfları yöntemine göre işletilmektedir. Sarıçam için idare süreleri, başlangıçta en yüksek odun hasılatı veren süre ile teknik olgunluk süresine göre hesaplanmış olup, sonrasında ise kerestelik teknik olgunluk süresinin idare süresi olarak belirlenmesi uygun bulunmuştur (Alemdağ, 1967). Alemdağ (1967), doğal yetişmiş aynı yaşlı normal sarıçam meşcereleri için idare sürelerinin tomruk amaçlı üretimler için; iyi, orta ve fena bonitetler için sırasıyla 100, 120 ve 140 yıl; Erdemir (1974) ise, idare sürelerini I., II., III., IV. ve V. bonitet sınıfları için sırasıyla 110, 120, 130, 140 ve 150 yıl olarak önermiştir. Fakat işletme ve planlama amacına göre farklı idare süreleri belirlenebilir. Maden direği ve selüloz odunu üretmek amacıyla işletilen sarıçam meşcerelerinde idare süreleri, iyi, orta ve fena bonitetler için sırasıyla 40, 60 ve 80 yıl olabilir (Alemdağ, 1967). Bu bakımdan aynı yaşlı ve maktalı ormanlar için, üretim ana amaç ise teknik olgunluk süresi, üretim dışındaki diğer fonksiyonlar ön plana çıkmış ise fiziksel olgunluk süresi dikkate alınarak idare süresi belirlenir (Anonim, 1993). Ormanların ekolojik tabanlı çok amaçlı planlamasında ise odun üretimi yanında toprak koruma, su üretimi ve karbon depolanması gibi hizmetler de gerçekleştirecek şekilde ve genellikle odun üretimi için belirlenen idare süresinden daha uzun idare süresi önerilmektedir (Başkent vd., 2001).

Sarıçam önemli ekonomik değere sahip ağaç türlerinden birisidir. Bu önem, bu ağaç türünün saf ve diğer türlerle geniş ormanlar oluşturmasından ve odununun oldukça geniş ve değerli kullanım alanlarına sahip olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca, dolgun ve boylu gövde yapma özelliği odunundan faydalanabilme imkânını artırmakta ve ilgili türü ülke ekonomisinde önemli bir konuma getirmektedir (Alemdağ,1967).

1.3 Büyüme Modelleri

Ormanların planlanması ve yönetimi için ağaçlar ve meşcerelere ilişkin sayısal bilgiler gereklidir (Burkhart ve Tomé, 2012). Bu sayısal bilgilere modeller aracılığıyla ulaşılır. Bir model, gerçek dünyanın bazı yönlerinin basitleştirilmiş bir temsilidir. Bilimde kullanılan model türü, sistemi tanımlayan ve açıklayan hipotezlerle, genellikle matematiksel olarak ifade edilen bir sistemin basitleştirilmiş bir temsili olarak tanımlanır (Botkin, 1993). Modeller, çeşitli senaryoların oluşturulmasına olanak sağladıkları için birçok araştırmada önemli araçlar olarak rol alırlar. Bir model geliştirmek, modellenen süreçlerin veya sistemin kavramsallaştırılmasını ve anlaşılmasını gerektirir (Vanclay ve Skovsgaard, 1997; Weiskittel vd., 2011).

Sistemlerin davranışlarını açıklamaya ve tahmin etmeye yardımcı olmak, neden-sonuç ilişkilerini görselleştirmek modelleme ile mümkün olmaktadır. Karmaşık sistemlerin daha iyi anlaşılabilmesi için modelleme aracılığıyla basite indirgenerek analiz edilmeleri gerekmektedir. Esasında yeterince anlaşılmayan ve ifade edilemeyen, ölçme ve değerlendirmesi çok zor olan ya da mümkün olmayan birçok faktör ve değişken tarafından etkilenen dinamik sistemleri hatasız bir şekilde modellemek mümkün değildir. Bu sebeple, bir model aracılığıyla tam olarak ortaya konulamayan karmaşık sistemlerde, modelin başarısı sınırlı kalmaktadır. Yine de modeller, sistemlere ilişkin tahminler yapılması ve sisteme ilişkin çeşitli senaryoların denenmesinde çok önemli araçlardır (Vanclay, 1994; Ercanlı, 2010). Herhangi bir modelin geliştirilmesi aşamasında en ideal yaklaşım, sistemin olabildiğince doğru bir şekilde anlaşılmasını ve önemli ilişkileri tespit etmeyi içerir (Weiskittel vd., 2011)

"Büyüme modeli" gerek bir meşcerenin gerekse meşcereleri oluşturan tek ağaçların çok çeşitli koşullar altında artım ve büyümesini tahmin edebilen bir denklem sistemini ifade eder. Büyüme modeli, meşcere ile meşcereyi oluşturan tek ağaçlardaki büyümeyi ve değişimi gösteren dinamik envanter verilerinin bir sentezidir (Vanclay, 1994). Ormancılıkta büyüme modelleri, uygulayıcılara ormanın bugün ve gelecekteki durumunu tahmin etme yeteneği sağlayacak gerekli bilgiler sunar (Weiskittel vd., 2011). Meşcere büyüme modeli, bir meşceredeki doğal

dinamiklerinin bir soyutlamasıdır ve büyüme, meşcereden ayrılma, meşcere kompozisyonu ve yapısındaki diğer değişiklikleri kapsayabilir (Vanclay, 1994).

Oldukça karmaşık bir sisteme sahip olan orman ekosistemlerinde, zaman ölçeğinde sistem davranışlarını izleyebilmek ve bu sisteme silvikültürel işlemler gibi çeşitli müdahalelerin etkilerini ortaya koyarak uygun seçenekleri belirleyebilmek için büyüme modelleri yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Orman ekosistemlerine yapılan yanlış müdahalelerin oldukça uzun yıllara ulaşabilen olumsuz etkileri düşünüldüğünde, büyüme modellerinin anahtar bir rol üstlenmesiyle bu olumsuz etkiler azaltılabilecektir (Mısır, 2003; Ercanlı, 2010; Mısır ve Yavuz, 2013).

Ormanlardan sağlanan temel hizmetlerden biri olan odun üretimine ilişkin sürdürülebilirliği sağlamanın anahtarı, artım ve büyüme süreçlerinin doğru bir şekilde anlaşılmasıdır. Orman gelişimini modellemenin amaçlarından biri, alternatif silvikültür işlemlerinin karşılaştırılmasını sağlayan araçları sunmaktır. Büyümenin modellenmesi, orman ekosistemleri gibi oldukça önemli bir doğal kaynağın gelecekteki durumunu değerlendirmek için de temel bir önkoşuldur (Vanclay, 1994; Soares vd., 1995; Gadow ve Hui, 1999; Weiskittel vd., 2011). Büyüme modelleri, bu özellikleriyle araştırmacı ve planlayıcılara oldukça faydalı bilgiler sunarlar.

Ağaç ve meşcere gelişimini modellemek için ampirik, süreç tabanlı ve hibrit modeller gibi farklı yaklaşımlar benimsenmiştir. Ampirik büyüme modelleri, doğrudan ağaç veya meşcere değişkenlerini modellemek üzere istatistiksel fonksiyonlar kullanılarak geliştirilir. Nispeten basit veri gereksinimleri ve büyümeyi tahmin etmedeki yetenekleri, ampirik modelleri orman yönetimi için önemli bir araç haline getirmiştir (Vanclay, 1994; Burkhart ve Tomé, 2012). İstatistiksel modellerin birincil amacı, meşcerelerin zaman içindeki gelişiminin tahmin edilmesidir (Weiskittel vd., 2011). Fakat ampirik modeller çevresel ve ekolojik koşulları dikkate almadan tahmin sunduğu için çeşitli hatalara sebep olabilmektedir. Süreç tabanlı modeller çevresel koşulları dikkate alarak tahminler sunmakta ve böylece bu koşulların ormanlar üzerine olan etkileri değerlendirilebilmektedir (Grote, 1998). Bu modeller genellikle sistem davranışını anlamak ve araştırmak için anahtar rol oynayan fizyolojik süreçleri (örneğin; solunum, fotosentez gibi) barındırır. Süreç

tabanlı modeller geliştirilirken simülasyonun birincil birimleri süreçlerdir. Ampirik ağaç ve meşcere modellerinde, simülasyonun birincil birimi sırasıyla ağaç veya meşcerelerdir. Süreç tabanlı ve ampirik modellere ilişkin bileşenleri birleştiren modeller ise genellikle hibrit modeller olarak adlandırılır. Mäkelä vd. (2000) hibrit modelleri, aynı hiyerarşik düzeyde hem nedensel hem de ampirik öğeler içeren modeller olarak tanımlamıştır. Uygulamada, modelleme sistem davranışını anlamak amacıyla yapıldığında süreç tabanlı modeller kullanılırken, hedef tahmin olduğunda ampirik büyüme modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Süreç tabalı modeller için veri tabanları genellikle orman envanterlerinde eksiktir ve bu da geniş ölçekli uygulamalarda kullanımlarını sınırlar. Ampirik modelleme kolay ölçülebilen veri girdileri ile daha çok tercih edilmektedir (Vanclay, 1994; Burkhart ve Tomé, 2012).

Ormancılıkta büyüme modelleri, ağaçların nasıl büyüdüğüne ve meşcere yapılarının nasıl değiştiğine ilişkin ortalama tahminler sunar. Bu modellerin ayrıntı düzeyi büyük ölçüde farklılık gösterir (Gadow ve Hui, 1999). Modelleri sağladıkları ayrıntı düzeyine göre sınıflandırmak faydalıdır. Bir model, model tarafından sağlanan ve kullanılan detaylara bağlı olarak meşcere modeli, çap sınıfı modeli ve tek ağaç modeli olarak düşünülebilir (Vanclay, 1994).

1.3.1 Meşcere Büyüme Modelleri

Meşcere modelleri, en eski ve en yaygın kullanılan büyüme modellerinden birisidir (Weiskittel vd., 2011). Meşcere modelleri, modelleme birimi olarak meşcereleri kullanmakta olup genellikle basit ve faydalı bilgiler sunmaktadırlar. Fakat çap sınıfı ve tek ağaç modellerindeki kadar detaylı bilgiler sunmamaktadırlar. Bu modellerde tek ağaç düzeyinde bilgiler yer almaz. Bir meşcerenin artım ve büyümesini simüle etmek için nispeten az bilgiye ihtiyaç duyarlar ve gelecekteki meşcere hakkında da oldukça genel bilgiler verirler. Meşcere modelleri, çeşitli meşcere özelliklerine (hacim, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı vb.) ilişkin tahminler sunarlar (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Mısır, 2003).

Düzenli işletilen ormanlarda meşcere modellerinden faydalanmayı kolaylaştırabilmek için bu modellerin tablolar halinde ortaya konulması düşünülmüş

ve bu tablolara “Hasılat Tablosu” ismi verilmiştir (Eler ve Carus, 2006). Hasılat tabloları büyüme tahminine yönelik en eski yaklaşımlardan biridir. İlk hasılat tabloları 1789'da Paulsen tarafından kayın ve meşe için düzenlenmiştir (Fırat, 1972; Vanclay, 1994).

Hasılat tabloları sadece artım ve büyümeye ilişkin bilgileri değil, aynı zamanda meşcere orta boyu, orta çapı, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi gibi meşcere öğelerine ilişkin bilgileri de içerir. Hasılat tabloları “normal hasılat tabloları” ve “sıklığa bağlı hasılat tabloları” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Vanclay, 1994). Normal hasılat tabloları, müdahale görmemiş ve normal sıklıktaki meşcereler için meşcere yaşına ve bonitet endeksine göre tahminler sunan tablolardır (Vanclay, 1994; Weiskittel vd., 2011; Burkhart ve Tomé, 2012).

Teknolojik ve analitik gelişmeler, ek değişkenlerin büyüme modellerine dahil edilmesini sağlamıştır. Müdahale görmemiş alanlar neredeyse yok denecek kadar az olduğu için, meşcere sıklığının üçüncü bir değişken olarak modellerde yer alması müdahale görmüş meşcerelerden elde edilen verilerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Meşcere öğelerine ilişkin tahminlerde meşcere yaşı ve bonitetin yanında meşcere sıklığının da kullanıldığı tablolar “sıklığa bağlı hasılat tabloları” olarak isimlendirilmektedir (Vanclay, 1994; Mısır, 2003; Weiskittel vd., 2011).

Ülkemizde; meşe (Eraslan, 1954; Eraslan ve Evcimen, 1967), kızılçam (Alemdağ, 1962; Erkan, 1996; Çatal, 2009), karaçam (Kalıpsız, 1963), sedir (Evcimen, 1963), sarıçam (Alemdağ, 1967; Batu, 1971 akt. Eler ve Carus, 2006; Erdemir, 1974), Doğu ladini (Akalp, 1978a), melez kavak ağaçlandırmaları (Birler, 1983), sahilçamı ağaçlandırmaları (Birler ve Yüksel, 1983; Özcan, 2002), Kazdağı göknarı (Asan, 1984), boylu ardıç (Eler, 1986), okaliptus ağaçlandırmaları (Birler vd., 1995), kızılağaç (Batu ve Kapucu, 1995), dişbudak (Kapucu vd., 1999), kayın (Carus, 1998) ve titrek kavak (Bilgili, 2007) meşcereleri için normal hasılat tabloları düzenlenmiştir. Ayrıca, göknar (Saraçoğlu, 1986), kızılçam ağaçlandırmaları (Usta, 1991), kızılçam (Yeşil, 1992; Şahin, 2015), Doğu ladini (Köse vd., 2001; Ercanlı, 2003), kestane (Kapucu vd., 2002), karaçam ağaçlandırmaları (Mısır, 2003), sahilçamı ağaçlandırmaları (Ercanlı vd., 2007b), sarıçam (Ercanlı vd., 2007a;

Şenyurt, 2011), meşe (Aylak Özdemir, 2013) ve karaçam (Seki, 2020; Bolat, 2021) için düzenlenmiş sıklığa bağlı hasılat tabloları mevcuttur. Bunun yanında sarıçam-kayın-göknar meşcereleri (Durkaya, 2004), Doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri (Ercanlı, 2010), saf sarıçam ve sarıçamın karaçam, kayın, ladin ve göknar ile oluşturduğu karışık meşcereler (Yavuz vd., 2010) ve sarıçam-Doğu kayını karışık meşcereleri (Kahriman, 2011) için artım ve büyüme ilişkileri incelenmiştir.

Yukarıda hasılat tabloları ile ilgili çalışmalar verilmiş olup, bu tabloların yaş ve bonitete bağlı olarak (normal hasılat tabloları) ya da yaş, bonitet ve sıklığa bağlı olarak (sıklığa bağlı hasılat tabloları) düzenlendiği görülmektedir. Fakat bu değişkenlere ek olarak ekolojik koşullar ya da bu ekolojik koşulların bütünleşmesiyle yapılan sınıflandırmalar hasılat tablolarında günümüze kadar yaknızca bir çalışmada dikkate alınmıştır. Seki (2020) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için yapılan çalışmada ekolojik tabanlı büyüme modelleri geliştirilmiştir ve ekorejyonlar arasındaki artım ve büyüme farklılıkları araştırılmıştır. Türkiye şartlarında ekolojik ve topografik koşullar kısa mesafelerde değişebilmekte ve bu durumun meşcere gelişimi üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu sebeple geniş coğrafi yayılış alanlarına ulaşan sarıçam meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirilerek sıklığa bağlı hasılat tablolarının düzenlenmesi oldukça önemlidir.

1.3.2 Çap Sınıfı Modelleri

Çap sınıfı modellerinde kullanılan modelleme ünitesi çap sınıflarıdır ve meşcerenin yapısı ile ilgili çeşitli bilgiler sunmaktadırlar. Bu yaklaşım, sunduğu bilgiler bakımından meşcere modelleri ile tek ağaç modelleri arasında yer almaktadır. Meşcere modellerinden daha ayrıntılı tahminler sunarlarken tek ağaç modellerine göre de daha az bilgi sağlamaktadırlar. Sınıf genişliği sonsuz büyüklükte olduğunda ve yalnızca bir sınıf mevcutsa, o zaman çap sınıfı modelleri meşcere modelleri yaklaşımına kayar. Sınıf genişliği sonsuz küçük olduğunda ve her ağaç tek bir sınıf olarak kabul edildiğinde ise çap sınıfı modelleri tek ağaç modellerine dönüşür (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999).

Çap sınıfı modelleri, orman ekosistemlerinin temel unsuru olan ağaçları çap değerlerine göre gruplandıran ve her bir grupta bulunan ağaç sayısı miktarlarının toplam ağaç sayısı içerisindeki dağılımının ortaya konulduğu büyüme modelleridir. Bu modellerde ağaçlara ilişkin çap değerleri, veri yapısı ve çalışma amacına göre 1, 2 veya 4 cm genişlikteki çap sınıflarına (çap basamaklarına) dağıtılır. Ardından her çap basamağında bulunan ağaç sayısı belirlenmekte ve bu frekans dağılımı modellenmeye çalışılmaktadır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999). Çap dağılım modelleri, meşcerede yer alan ağaçların çap basamaklarına dağılımını çeşitli dağılım fonksiyonları aracılığıyla tahmin etmeye olanak sağlayarak meşcere yapısını ortaya koymakta kullanılırlar (Loetsch vd., 1973; Gorgoso vd., 2007). Bu modeller kullanılarak her çap basamağında yer alan birim alandaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim, biyokütle, karbon stoğu gibi bilgiler tahmin edilebilmektedir (Kangas ve Maltamo, 2000; Poudel ve Cao, 2013).

Ormancılıkta olasılık yoğunluk fonksiyonları, toplam ağaç sayısının çap basamaklarına oransal olarak dağılımını modelleyen teorik dağılım fonksiyonlarıdır (Burkhart ve Tomé, 2012). Ormancılıkta çap sınıfı modellerinin geliştirilmesinde en çok tercih edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları; Beta, Gamma, Johnson SB, Normal, Lognormal ve Weibull fonksiyonlarıdır (Bailey ve Dell, 1973; Rennols vd., 1985; Maltamo, 1997; Carus ve Çatal, 2008; Ercanlı, 2010; Alkan, 2019; Dal, 2019; Seki, 2020).

Ülkemizde çap dağılım modelleri; aynı yaşlı Doğu kayını (Carus, 1996), dişbudak (Yavuz vd., 2002), kızılçam (Carus ve Çatal, 2008; Doğdaş, 2014; Çatal ve Güneş, 2016; Özçelik vd., 2016b), Doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Ercanlı vd., 2013), sarıçam-Doğu kayını karışık meşcereleri (Kahriman ve Yavuz, 2011), Doğu ladini (Sönmez vd., 2010; Sönmez vd., 2015), göknar-sarıçam karışık meşcereleri (Sakıcı ve Gülsunar, 2012), karaçam (Carus ve Çatal, 2011; Sakıcı vd., 2016; Seki, 2020; Bolat, 2021), Kestel Orman İşletme Şefliği içerisinde yer alan meşcereler (Bolat, 2014), sarıçam (Dal, 2019) ve Toros göknarı (Alkan, 2019) meşcereleri için geliştirilmiştir.

1.3.3 Tek Ağaç Modelleri

Büyüme modelleri bakımından en ayrıntılı bilgiler sunan yaklaşım, her bir ağacı temel modelleme birimi olarak kullanan tek ağaç modelleri yaklaşımıdır. Bu bakımdan meşcere modelleri ve çap sınıfı modellerinden daha detaylı bilgiler sunmaktadırlar. Meşceredeki her ağacın çeşitli boyutlarını içeren bir envanter gerekli minimum girdiyi oluşturmaktadır. Bu modeller ağaçlara ilişkin konumsal özellikler, komşuluk ilişkileri (komşu ağaçlara ilişkin konumsal ve boyutsal bilgiler) ve tepe boyutları gibi bilgiler içermesi bakımından çok karmaşık olabilirler (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Mısır, 2003).

Tek ağaç modellerinde, modelleme ünitesi olan ağaçların komşu ağaçlardan gördüğü baskının hesaplanmasında yarışma endeksleri kullanılmaktadır. Yarışma endeksleri bakımından tek ağaç modelleri ağaçların birbirlerine olan uzaklıklarını ve konumlarını dikkate alıp almamalarına göre; uzaklıktan bağımsız ve uzaklığa bağlı tek ağaç modelleri olarak iki gruba ayrılmaktadırlar (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Burkhart ve Tomé, 2012). Uzaklıktan bağımsız tek ağaç modellerinde, yarışma endeksleri ağaçlar arasındaki uzaklıkları dikkate almadan, çalışmaya konu ağacın büyüklüğünü meşcerede yer alan diğer ağaçların büyüklüğüne oranlamak suretiyle hesaplanmaktadır (Yavuz, 1997). Ağaçlar arasındaki konumsal ilişkilere ihtiyaç duymayan uzaklıktan bağımsız tek ağaç modelleri, bu özellikleri ile ormancılık uygulamaları bakımından daha fazla tercih edilmektedir. Uzaklığa bağlı tek ağaç modellerinde ise ağaçlar arası rekabetin ortaya konulmasında konumsal bilgiler modellere dahil edilmektedir ve bu sebeple komşu ağaçlar arasındaki konumsal ve boyutsal bilgiler gerekli olmaktadır (Monserud ve Sterba, 1996; Sterba vd., 2002).

Ülkemizde tek ağaç artım modelleri konusunda yapılan çalışmalar; Mısır (2003) tarafından karaçam ağaçlandırmaları için tek ağaca ilişkin çap, göğüs yüzeyi ve hacim artım modelleri, yapay sahilçamı meşcereleri (Özdemir, 2005), doğal ve yapay kızılçam ve karaçam meşcereleri (Carus, 2005), dişbudak ağaçlandırmaları (Carus ve Çiçek, 2007), doğal kızılçam meşcereleri (Çatal, 2009) ve yapay kızılçam meşcereleri (Carus ve Gülden, 2014; Çatal vd., 2014) için tek ağaç çap artım modelleri, Doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için uzaklığa bağlı ve uzaklıktan

bağımsız tek ağaç artım modelleri (Ercanlı, 2010), saf ve karışık sarıçam meşcereleri için uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız tek ağaç modelleri (Yavuz vd., 2010), sarıçam, göknar ve kayın karışık meşcereleri için uzaklığa bağlı tek ağaç çap artım modeli (Özdemir, 2011), Doğu Karadeniz göknarı-Doğu ladini karışık meşcereleri için tek ağaç çap artımı modelleri (Kahriman ve Yavuz, 2012), karaçam meşcereleri için tek ağaç çap artım modeli (Seki, 2020; Bolat, 2021) ve meşe için uzaklığa bağlı tek ağaç göğüs yüzeyi artım modeli (Özdemir, 2021) olarak ulusal literatürde yer almıştır.

1.4 Ekolojik Tabanlı Modelleme Yaklaşımı

Ülkemiz oldukça farklı iklim, topografya ve çeşitli ekolojik faktörleri barındıran bir yapıya sahip olup bu özellikler bölgesel veya yöresel olarak önemli değişimler gösterebilmektedir. Bu durum ormancılık açısından değerlendirildiğinde bir ağaç türü oldukça farklı iklim ve yetişme ortamı koşularında geniş alanlara yayılabilmektedir. Oldukça farklı ekolojik koşullarda ve değişen yetişme ortamı şartlarında yayılış gösteren meşcerelerin büyüme ve hasılat özelliklerinin ortaya konulması son yıllarda önem kazanan ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama çalışmaları için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, planlama çalışmalarına altlık oluşturan ve ekolojik farklılıklara da duyarlı tahminler sunan büyüme modellerine ihtiyaç vardır.

Ekolojik tabanlı modeller, yaygın olarak kullanılan ve ekolojik faktörleri modelleme aşamasına dahil etmeden tahmin sunan modellere göre tek ağaç ve meşcereler açısından daha güvenilir tahminler sunarlar (Huang, 1994; Klos vd., 2007). Bu güvenilir tahminlerle yapılacak planlama çalışmaları ve yönetim stratejileri de daha başarılı sonuçlara ulaşacaktır. Çünkü bir meşcereye ilişkin artım ve büyüme miktarları, yerel çevre koşullarına önemli ölçüde bağlıdır ve bu farklılıklar dikkate alınmalıdır (Özçelik vd., 2016a). Ayrıca, artım ve büyüme miktarlarının ekolojik koşullardan etkilenmesinin yanı sıra bu ekolojik faktörlerin bütünleşik olarak da artım ve büyüme üzerinde meydana getirdiği bir etki ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple doğal ortamlara ilişkin ekolojik sınıflandırmanın yapılması ormancılık gibi doğal kaynaklara ilişkin potansiyellerin ortaya konulması ve bu potansiyele göre

planlamanın yapılarak düzenli ve etkin faydalanmanın sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir (Atalay, 2014). Ekolojik sınıflandırmalar; iklim, toprak, topografya, anakaya ve bitki örtüsü gibi çeşitli faktörlere dayanarak oluşturulmakta ve sınıflandırma sonucu elde edilen ekolojik alt bölgeler (ekorejyonlar) ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirilmesine altlık oluşturmaktadır. Bu sebeple ekolojik bölgelerde artım büyüme miktarları bakımından farklılıkların ortaya konulduğu bazı çalışmalar literatürde yer almasına rağmen bu çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (Pillsbury vd., 1995; Huang vd., 2000a; Álvarez González vd., 2005; Özçelik vd., 2014a; Seki, 2020). Bu konuda yapılacak modelleme yaklaşımları birçok ormancılık çalışmasına katkı sağlayacaktır.

Ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirilmesinde envanter verilerinin yanında ekolojik sınıflandırmaya da ihtiyaç vardır. Ekolojik tabanlı modelleme çalışmalarında genel olarak izlenen yol, çalışmaya konu ağaç türüne ilişkin gelişimi en iyi yansıtan ve biyolojik yasalara uygun modelin seçilmesi ile başlamaktadır. Uygun modele karar verme aşamasından sonra modellerin tahmin bakımından ekorejyonlar arasında farklılık gösterip göstermediği incelenmektedir. Farklılık bulunması durumunda her bir ekorejyonda farklı parametre değerlerine sahip modellerin kullanılması uygun olacaktır. Çünkü bu durum, söz konusu türün gelişimine ilişkin en az bir özellik bakımından (polimorfizm, büyüme hızı vb.) ekorejyonlar arasında anlamlı farklılığın olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Ekolojik tabanlı büyüme modelleri üzerine yapılan çalışmalar yukarıda da belirtildiği üzere oldukça sınırlıdır. Uluslararası literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; Huang (1994), Pillsbury vd. (1995), Huang vd. (1999 ve 2000b), Jiang vd. (2005), Klos vd. (2007), Brooks ve Wiant (2008), Crecente-Campo vd. (2009), Özçelik vd. (2014b), Özçelik vd. (2016a) ve Mbangilwa ve Jiang (2019 ve 2020) tarafından ekolojik bölge tabanlı gövde profili ve ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Huang (1999), Huang vd. (2000a), Zhang vd. (2002), Calama ve Montero (2004), Peng vd. (2001b ve 2004), Xu (2004), Brooks ve Wiant, (2005), Castedo-Dorado vd. (2005), Adame vd. (2008), Özçelik vd. (2014a), Enzinga ve Jiang (2019) ve Seki ve Sakıcı (2021) ekolojik bölge tabanlı çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Calama vd. (2003), Álvarez González vd. (2005), Adame vd. (2006) ve Seki (2020) tarafından ekolojik

tabanlı bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Barrio-Anta vd. (2006) ve Seki (2020) tarafından ekolojik tabanlı tek ağaç modelleri geliştirilmiştir. Calama ve Montero (2004) ve Adame vd. (2008) tarafından yapılan çalışmalar dışındaki çalışmalarda geliştirilen büyüme modellerinin ekolojik bölgeler arası farklılıklarının test edilmesinde kukla değişken yöntemi kullanılmış ve büyüme modellerinin sunduğu tahminler üzerinde ekolojik bölge farklılıklarının önemli etkilere sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ekolojik farklılıkların test edilmesinde karışık etkili modelleme yaklaşımı da kullanılmakta olup oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Karışık etkili modellerde ekolojik bölgeler rastgele etki olarak yani "subject" olarak seçilmekte ve ekorejyonlar arasında parametre tahminleri bakımından farklılıklar modellenmiş olmaktadır. Calama ve Montero (2004) ve Adame vd. (2008) tarafından yapılan çalışmalarda ise hem kukla değişken hem de karışık etkili modelleme yaklaşımı bir arada kullanılmıştır. Yine Trincado vd. (2007) tarafından çap-boy modellerinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmada da karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış ve ekorejyonlar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Fu vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ekolojik bölge ve orjin bakımından topraküstü biyokütle miktarlarındaki farklılığın araştırılması amaçlanmış ve bu amaçla kukla değişken ve karışık etkili modelleme yaklaşımları birlikte kullanılmış ve farklılıklar test edilmiştir. Karışık etkili modelleme ve kukla değişken yaklaşımlarının klasik regresyon tekniklerine üstünlük sağladığını ve ayrıca karışık etkili modelleme yaklaşımının da esnek tahminler sunması bakımından kukla değişken yöntemine üstünlük sağladığını belirtmişlerdir. Kearsley vd. (2017), Mensah vd. (2018) ve Cysneiros vd. (2020) tarafından çap-boy ilişkilerinin ekolojik bölgelere göre değişim gösterip göstermediği karışık etkili modelleme yaklaşımı ile test edilmiş ve bölgeler arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür. Literatür incelemeleri sonucunda ekolojik farklılıkların dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmakta ve bu modellerin asli ağaç türleri için geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ekolojik tabanlı tek ağaç, çap dağılım ve meşcere modelleri ile birlikte çap-boy ve dinamik bonitet endeks modellerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak geliştirilmesi planlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kastamonu ve Sinop Orman Bölge Müdürlükleri saf sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirildiği bu çalışmada kullanılan araştırma materyali ile bu kapsamda kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

2.1 Çalışma Alanı

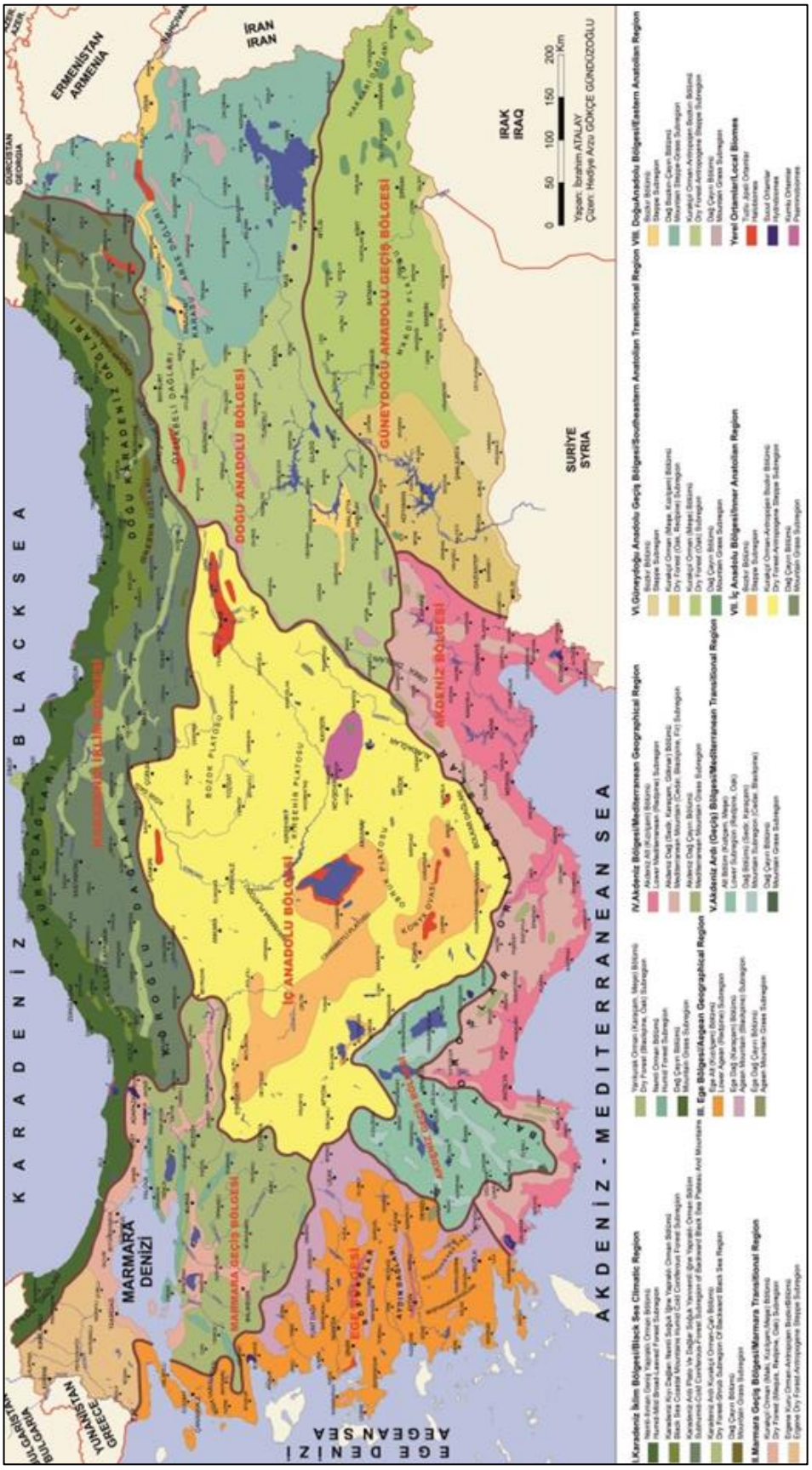
Çalışma alanı olarak belirlenen Kastamonu ve Sinop OBM sarıçam meşcerelerinin önemli yayılış alanlarından birisidir. Çalışma alanında farklı ekolojik özellikte, farklı sıklık derecesi, bonitet ve yaşta sarıçam meşcereleri bulunmaktadır. Toplam 1,91 milyon hektar yüzölçümüne sahip olan Kastamonu ve Sinop OBM'lerinin yaklaşık olarak %65'i (1,24 milyon hektar) ormanlık alanlardan oluşmaktadır (OGM, 2021). Kastamonu OBM'de 16 ve Sinop OBM'de 6 olmak üzere çalışma alanında toplam 22 Orman İşletme Müdürlüğü bulunmaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanının kuzeyi Karadeniz, güneyi Ankara OBM, batısı Zonguldak OBM ve doğusu Amasya OBM ile çevrilidir. Thorntwaite iklim sınıflandırması yöntemine göre Kastamonu ve Sinop yöresi, İsfendiyar (Küre) Dağlarının güney eteklerinden geçen kurak iklimin sınırları içinde kalmaktadır. Bölge nemli Karadeniz iklimine dahil değildir. Kastamonu ve Sinop yöresi daha çok güneyinde bulunan kurak bölgelerin iklim özelliklerine benzerlik göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre yıllık yağış ortalaması Kastamonu ili için 500,3 mm ve Sinop ili için 705,3 mm'dir (URL-1).



Şekil 2.1 Çalışma alanı

Çalışma alanında, yeryüzü şekli, yetişme ortamı, yükselti, bakı ve çeşitli ekolojik faktörler bakımından farklı özeliklerde sarıçam meşcereleri bulunmaktadır. Sarıçam, ülkemizde yayılış yaptığı alanlarda iklim, topoğrafya, toprak ve ana materyale bağlı olarak bonitet, kapalılık, floristik bileşim ve coğrafî varyasyon bakımından farklı özellikler göstermektedir (Atalay, 2012). Bu amaçla, yapılan çalışmada Atalay (2014) tarafından geliştirilen ekolojik sınıflandırma kullanılmıştır.

Atalay (2014), Türkiye'yi 8 ekolojik bölgeye ve her bir bölgeyi de kendi içerisinde alt bölümlere ayırmıştır. Bu ekolojik sınıflandırmanın yapılmasında ise iklim, toprak, ana materyal, topoğrafya ve biyotik faktörleri dikkate almıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Türkiye'nin ekolojik bölgeleri (Atalay, 2012)

Türkiye'nin ekolojik bölgeleri;

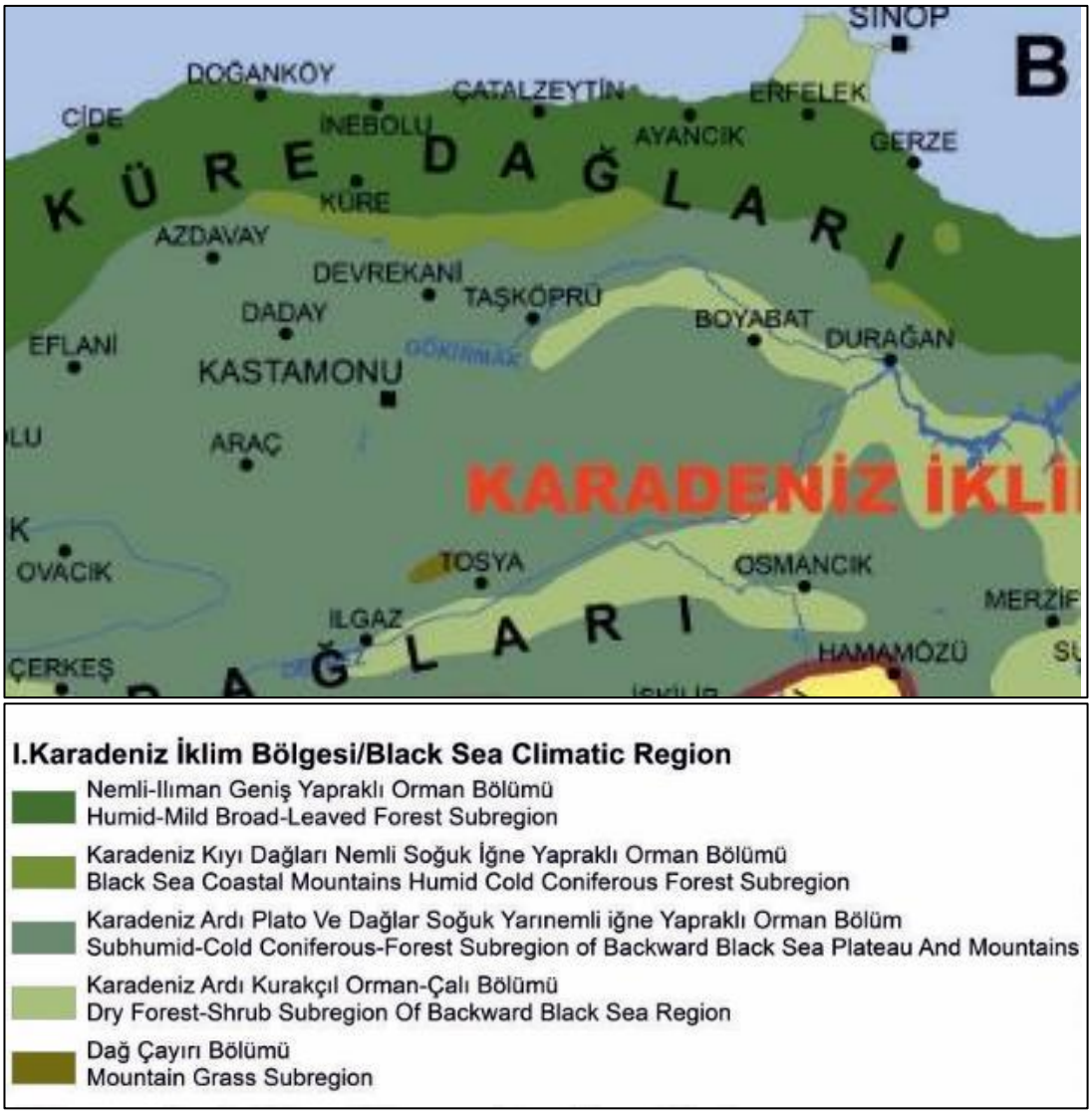
- I. Karadeniz İklim Bölgesi,
- II. Marmara Geçiş Bölgesi,
- III. Ege Bölgesi,
- IV. Akdeniz Bölgesi,
- V. Akdeniz Ardı (Geçiş) Bölgesi,
- VI. Güneydoğu Anadolu Geçiş Bölgesi,
- VII. İç Anadolu Bölgesi,
- VIII. Doğu Anadolu Bölgesi

olarak sınıflandırılmıştır.

Atalay (2014)'a göre, çalışma alanı olan Kastamonu ve Sinop yöresi, "Karadeniz İklim Bölgesi" içerisinde bulunmakta ve bu iklim bölgesi beş adet ekolojik alt bölüme (ekorejyon) ayrılmaktadır. Çalışma alanı sınırlarında sarıçam meşcerelerinin yayılışı bütün ekorejyonlarda görülmektedir (Şekil 2.3):

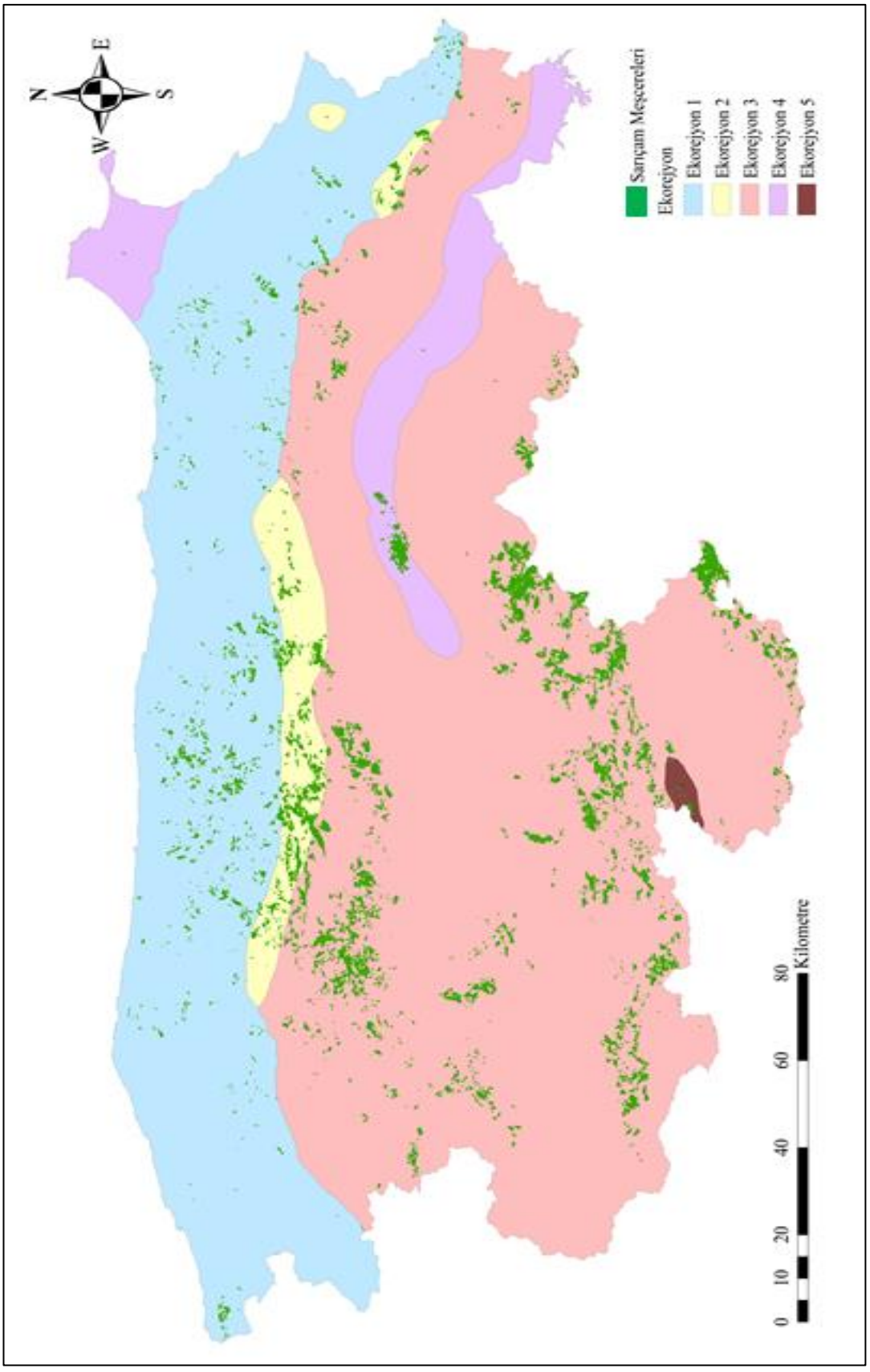
Karadeniz İklim Bölgesi beş alt ekolojik bölgeye (ekorejyonlar) ayrılmış olup, bu ekorejyonlar aşağıda verilmiştir:

- Ekorejyon 1. Nemli-Ilıman Geniş Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 2. Karadeniz Kıyı Dağları Nemli-Soğuk İğne Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 3. Karadeniz Ardı Plato ve Dağlar Soğuk Yarınemli Orman Bölümü,
- Ekorejyon 4. Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı Bölümü,
- Ekorejyon 5. Karadeniz Dağ Çayırları Bölümü



Şekil 2.3 Karadeniz iklim bölgesi (Atalay, 2014)

Çeşitli ekolojik özelliklerin modellerde altlık olarak kullanılması, model başarısını ve tahmin yeteneğini artırdığı için çalışma kapsamında bu farklılıkların da yansıtılması amacıyla meşcere yaşı, sıklığı ve yetişme ortamı verim gücü yanında ekorejyonların da modellerde yer alması uygun görülmüştür. Çalışma alanı içerisinde bütün alt ekolojik bölümler (ekorejyonlar) yer almakla birlikte hangilerinin modellerde yer alması gerektiğinin belirlenebilmesi amacıyla bu ekorejyonlardaki saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin yayılışları ortaya konulmuştur. İnceleme sonucunda çalışma alanı içerisinde yaklaşık 51 bin ha'lık saf ve verimli sarıçam meşceresinin bulunduğu belirlenmiş olup bu meşcerelerin ekorejyonlar içerisindeki yayılışları Şekil 2.4 ve Tablo 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.4 Çalışma alanı sarıçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımları

Tablo 2.1 Çalışma alanı saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımı

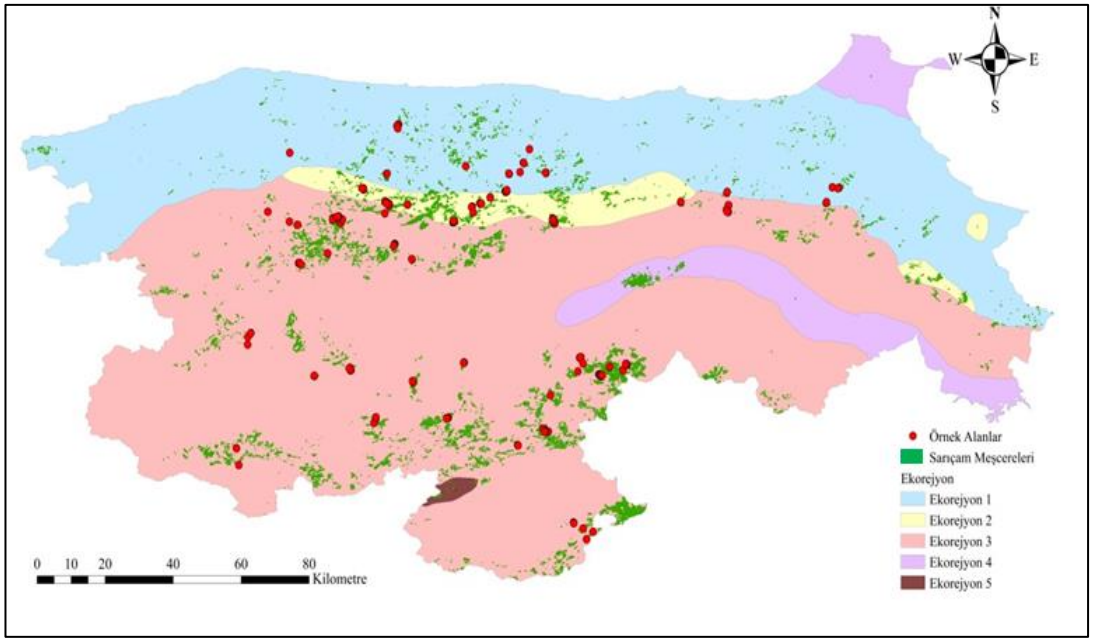
Ekorejyonlar	Alan (*ha*)	*%*
Ekorejyon 1 (E1)	6645,6	13,1
Ekorejyon 2 (E2)	6322,6	12,5
Ekorejyon 3 (E3)	36286,1	71,5
Ekorejyon 4 (E4)	1406,1	2,7
Ekorejyon 5 (E5)	111,5	0,2
Toplam	50771,9	100

Tablo 2.1 incelendiğinde çalışmaya konu saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin alansal olarak ilk üç ekorejyon içerisinde yoğunluk gösterdiği görülmüş olup, bu ekorejyonlarda verimli sarıçam meşcerelerinin dağılımlarının sırasıyla Ekorejyon 3 (%71,5), Ekorejyon 1 (%13,1) ve Ekorejyon 2'de (%12,5) olduğu tespit edilmiştir. Ekorejyon 4 (%2,7) ile Ekorejyon 5'te (%0,2) yayılış gösteren saf ve verimli sarıçam meşcerelerinin alansal büyüklükleri ise oldukça azdır. Bu sebeplerden, bu tez çalışmasının yaklaşık %97'lik bir dağılıma sahip olan Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 içerisindeki saf ve verimli sarıçam meşcerelerinde yürütülmesi uygun görülmüş olup, %3'lük bir dağılıma sahip olan Ekorejyon 4 ile Ekorejyon 5 çalışma kapsamına alınmamış ve arazi çalışmaları ilk üç ekorejyonda sürdürülmüştür.

2.2 Materyal

Çalışma alanı içerisinde yayılış gösteren saf sarıçam meşcereleri amenajman planları ve sayısal altlık yardımıyla tespit edilmiştir. Sarıçam meşcerelerinden farklı yaş sınıfı (20-40 yaşları arası II., 40-60 yaşları arası III., 60-80 yaşları arası IV., 80-100 yaşları arası V. ve 100 yaş ve üzeri ise VI. yaş sınfı olmak üzere 5 yaş sınıfı), sıklık derecesi (SD=4, SD=8 ve SD=12 olmak üzere 3 sıklık derecesi) ve bonitet sınıfları (I., II. ve III. bonitet olmak üzere 3 bonitet sınıfı) ile ekorejyonlara (Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 olmak üzere 3 ekorejyon) dağıtımı sağlanmaya çalışılarak alınan toplam 292 adet örnek alandan elde edilen veriler ve 268 adet örnek ağaçtan elde edilen gövde analizi verileri bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Örnek alanlardan 68'i Ekorejyon 1, 73'ü Ekorejyon 2 ve 151'i Ekorejyon 3'ten alınmıştır. Örnek alanların seçilmesi aşamasında Çalışma alanında bulunan orman işletme müdürlükleri (OİM) ile bunlara bağlı orman işletme şefliklerinin (OİŞ) sarıçam yayılışları incelenmiş ve sarıçamın yoğun olduğu işletmelerde çalışmalar daha yoğun sürdürülmüştür. Bu kapsamda Ekorejyon 1'deki örnek alanların 35 adedi Küre OİM,

9 adedi Sinop OİM, 8 adedi Ayancık OİM, 7 adedi İnebolu OİM, 5 adedi Bozkurt OİM, 3 adedi Çatalzeytin OİM ve 1 adedi Azdavay OİM'den alınmıştır. Ekorejyon 2'deki örnek alanların 55 adedi Küre OİM ve 18 adedi Taşköprü OİM'den alınmıştır. Ekorejyon 3'teki örnek alanların 35 adedi Küre OİM, 31 adedi Taşköprü OİM, 28 adedi Karadere OİM, 14 adedi Tosya OİM, 13 adedi Daday OİM, 11 adedi Kastamonu OİM, 6 adedi Araç OİM, 4 adedi Boyabat OİM, 4 adedi Azdavay OİM, 3 adedi İhsangazi OİM ve 2 adedi Hanönü OİM'den alınmıştır. Örnek alanlara ilişkin bazı bilgiler ile örnek alanların çalışma alanına ve ekorejyonlara dağılımları Tablo 2.2 ile Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5 Örnek alanların çalışma alanına ve ekorejyonlara dağılımları

Tablo 2.2 Örnek alanlara ilişkin bilgiler

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
		Ekorejyon 1			
1-1	Ayancık	Akgöl	16	Güneybatı	1329
1-2	"	"	12	Güneybatı	1340
1-3	"	"	16	Güneybatı	1329
1-4	"	"	12	Güneybatı	1340
1-5	"	"	16	Güneybatı	1329
1-6	"	"	16	Güneybatı	1329
1-7	"	"	23	Güneybatı	1244
1-8	"	"	34	Batı	1285
1-9	Azdavay	Kırkbudak	19	Güneybatı	894
1-10	Bozkurt	Şeyhşaban	35	Doğu	1291
1-11	"	"	11	Batı	1422
1-12	"	"	10	Güneydoğu	1405
1-13	"	"	10	Doğu	1391
1-14	"	"	10	Güneydoğu	1405
1-15	Çatalzeytin	Karacakaya	41	Güney	1488
1-16	"	"	41	Güneybatı	1488
1-17	"	"	50	Güneybatı	1522
1-18	İnebolu	İnebolu	11	Batı	571
1-19	"	"	10	Kuzeybatı	561
1-20	"	"	18	Kuzey	655
1-21	"	"	22	Kuzey	641
1-22	"	"	24	Kuzey	786
1-23	"	"	24	Kuzey	786
1-24	"	"	24	Kuzey	786
1-25	Küre	Devrekani	5	Kuzeybatı	1344
1-26	"	"	5	Kuzeybatı	1344
1-27	"	"	3	Güneybatı	1348
1-28	"	"	3	Güneybatı	1348
1-29	"	"	5	Güney	1350
1-30	"	"	5	Güney	1350
1-31	"	"	4	Güney	1344
1-32	"	"	4	Güney	1344
1-33	"	"	4	Güney	1344
1-34	"	"	2	Doğu	1347
1-35	"	"	5	Güney	1350
1-36	"	"	5	Güneydoğu	1347
1-37	"	"	5	Güneydoğu	1347
1-38	"	"	5	Güneydoğu	1347
1-39	"	"	4	Güney	1344
1-40	"	"	10	Batı	1357
1-41	"	"	5	Güneybatı	1349
1-42	"	"	10	Batı	1357
1-43	"	"	7	Güneydoğu	1403
1-44	"	"	6	Güneydoğu	1397
1-45	"	"	6	Güneydoğu	1397
1-46	"	"	6	Güneydoğu	1397
1-47	"	"	7	Güneydoğu	1403
1-48	"	"	7	Kuzey	1343
1-49	"	"	10	Kuzeydoğu	1327
1-50	"	"	10	Kuzeydoğu	1327
1-51	"	"	10	Kuzeydoğu	1327
1-52	"	"	43	Kuzeybatı	1298
1-53	"	Küre	12	Kuzeydoğu	1066
1-54	"	"	7	Güneydoğu	1061
1-55	"	"	12	Güney	1060

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
1-56	Küre	Küre	12	Güney	1060
1-57	"	"	12	Güney	1060
1-58	"	Şenlik	23	Kuzey	1051
1-59	"	"	23	Kuzey	1051
1-60	Sinop	Ahmetyeri	14	Doğu	1318
1-61	"	"	2	Doğu	1318
1-62	"	"	2	Doğu	1318
1-63	"	"	19	Batı	1204
1-64	"	"	19	Batı	1204
1-65	"	"	18	Batı	1202
1-66	"	"	14	Kuzey	1181
1-67	"	"	13	Kuzey	1165
1-68	"	"	14	Kuzey	1181
		Ekorejyon 2			
2-1	Küre	Ağlı	13	Güneybatı	1154
2-2	"	"	13	Güneybatı	1154
2-3	"	"	13	Güneybatı	1151
2-4	"	"	15	Güneybatı	1152
2-5	"	Devrekani	4	Güney	1157
2-6	"	"	1	Kuzey	1158
2-7	"	"	2	Kuzey	1160
2-8	"	"	2	Kuzeybatı	1160
2-9	"	"	4	Kuzey	1157
2-10	"	"	3	Kuzey	1158
2-11	"	"	3	Kuzey	1158
2-12	"	"	4	Kuzey	1154
2-13	"	"	4	Kuzey	1154
2-14	"	"	5	Kuzey	1153
2-15	"	"	4	Kuzey	1154
2-16	"	"	3	Kuzey	1149
2-17	"	Küre	17	Güney	1196
2-18	"	"	19	Güney	1247
2-19	"	"	14	Güneybatı	1241
2-20	"	Şenlik	11	Güney	1179
2-21	"	"	11	Güney	1178
2-22	"	"	11	Güney	1179
2-23	"	"	6	Güney	1171
2-24	"	"	6	Güney	1171
2-25	"	"	12	Kuzey	1177
2-26	"	"	19	Kuzey	1181
2-27	"	"	2	Batı	1171
2-28	"	"	7	Kuzeybatı	1178
2-29	"	"	14	Kuzeybatı	1186
2-30	"	"	16	Kuzey	1191
2-31	"	"	7	Kuzeybatı	1182
2-32	"	"	24	Güney	1263
2-33	"	"	24	Güney	1263
2-34	"	"	6	Batı	1246
2-35	"	"	6	Batı	1246
2-36	"	"	7	Kuzeybatı	1157
2-37	"	"	5	Kuzeybatı	1160
2-38	"	"	17	Güneybatı	1184
2-39	"	"	17	Güneybatı	1184
2-40	"	"	17	Güneybatı	1184
2-41	"	"	17	Güneybatı	1184
2-42	"	"	17	Güneybatı	1184

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
2-43	Küre	Şenlik	15	Güneybatı	1191
2-44	"	"	13	Güney	1193
2-45	"	"	13	Güney	1193
2-46	"	"	13	Güney	1193
2-47	"	"	19	Güney	1167
2-48	"	"	10	Batı	1253
2-49	"	"	19	Güney	1167
2-50	"	"	23	Güney	1173
2-51	"	"	14	Güney	1149
2-52	"	"	14	Güney	1149
2-53	"	"	17	Kuzey	1138
2-54	"	"	6	Batı	1137
2-55	"	"	26	Kuzey	1148
2-56	Taşköprü	Düzdağ	17	Kuzey	1367
2-57	"	"	10	Güneydoğu	1363
2-58	"	"	10	Güneydoğu	1355
2-59	"	"	10	Güneydoğu	1355
2-60	"	"	10	Güneydoğu	1355
2-61	"	"	10	Doğu	1362
2-62	"	"	12	Güneydoğu	1370
2-63	"	"	7	Doğu	1366
2-64	"	"	10	Kuzey	1284
2-65	"	"	7	Kuzey	1273
2-66	"	"	7	Doğu	1280
2-67	"	"	4	Doğu	1267
2-68	"	"	12	Kuzey	1275
2-69	"	"	12	Kuzey	1276
2-70	"	"	10	Kuzey	1342
2-71	"	"	10	Kuzey	1342
2-72	"	"	10	Kuzey	1335
2-73	"	"	0	Kuzey	1329
		Ekorejyon 3			
3-1	Araç	Araç	18	Kuzeybatı	1202
3-2	"	Dereyayla	14	Kuzey	1551
3-3	"	"	14	Kuzey	1551
3-4	"	"	14	Kuzey	1551
3-5	"	"	15	Kuzey	1563
3-6	"	"	16	Güneydoğu	1598
3-7	Azdavay	Kirazdağ	19	Kuzey	1013
3-8	"	"	17	Kuzey	1033
3-9	"	"	10	Kuzeybatı	1112
3-10	"	"	13	Kuzeybatı	1124
3-11	Boyabat	Boyabat	27	Doğu	1298
3-12	"	"	27	Doğu	1298
3-13	"	"	6	Batı	1356
3-14	"	"	7	Kuzeybatı	1354
3-15	Daday	Çamlıbel	11	Kuzeybatı	1222
3-16	"	"	12	Kuzeybatı	1135
3-17	"	"	12	Kuzeybatı	1139
3-18	"	Daday	5	Kuzeydoğu	1151
3-19	"	"	5	Kuzeydoğu	1151
3-20	"	"	6	Batı	1150
3-21	"	"	11	Güneydoğu	1143
3-22	"	"	10	Doğu	1172
3-23	"	"	11	Güneydoğu	1143
3-24	"	"	10	Doğu	1133

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
3-25	Daday	Daday	10	Kuzeydoğu	1156
3-26	"	"	11	Kuzeydoğu	1165
3-27	"	"	14	Kuzeydoğu	1149
3-28	Hanönü	Hanönü	18	Güneybatı	1396
3-29	"	"	8	Kuzeybatı	1401
3-30	İhsangazi	İhsangazi	3	Batı	1128
3-31	"	"	7	Güney	1136
3-32	"	"	7	Güney	1136
3-33	Karadere	Kadıdağı	14	Kuzeydoğu	1380
3-34	"	"	14	Kuzeydoğu	1380
3-35	"	"	15	Kuzey	1393
3-36	"	"	17	Kuzey	1355
3-37	"	"	17	Kuzey	1355
3-38	"	"	24	Kuzey	1374
3-39	"	"	24	Kuzey	1374
3-40	"	"	0	Kuzeydoğu	1091
3-41	"	"	0	Kuzeydoğu	1091
3-42	"	"	4	Kuzeybatı	1089
3-43	"	Karadere	34	Kuzey	1598
3-44	"	"	35	Kuzeydoğu	1577
3-45	"	"	34	Kuzeydoğu	1551
3-46	"	"	33	Kuzeydoğu	1505
3-47	"	"	30	Kuzeydoğu	1455
3-48	"	"	29	Kuzeydoğu	1433
3-49	"	"	29	Kuzeydoğu	1433
3-50	"	"	21	Kuzeydoğu	1407
3-51	"	"	10	Kuzey	1394
3-52	"	"	34	Kuzeydoğu	1532
3-53	"	"	34	Kuzeydoğu	1532
3-54	"	"	29	Kuzeydoğu	1568
3-55	"	"	27	Kuzeydoğu	1577
3-56	"	"	33	Kuzey	1607
3-57	"	Kaşçılar	13	Güneydoğu	953
3-58	"	"	14	Güneydoğu	960
3-59	"	"	13	Doğu	974
3-60	"	"	13	Doğu	974
3-61	Kastamonu	Değirmenciler	16	Kuzeybatı	1167
3-62	"	"	23	Kuzeybatı	1179
3-63	"	"	10	Güney	1221
3-64	"	"	7	Güney	1211
3-65	"	"	12	Güney	1221
3-66	"	"	4	Kuzeybatı	1161
3-67	"	Kuzyaka	10	Kuzeydoğu	1387
3-68	"	"	11	Kuzey	1390
3-69	"	"	12	Batı	1442
3-70	"	"	11	Batı	1453
3-71	"	"	11	Kuzeydoğu	1348
3-72	Küre	Ağlı	3	Güney	1101
3-73	"	"	1	Güneydoğu	1098
3-74	"	"	1	Doğu	1097
3-75	"	"	10	Kuzey	1115
3-76	"	"	8	Kuzeydoğu	1172
3-77	"	"	7	Kuzeydoğu	1165
3-78	"	"	2	Kuzeydoğu	1207
3-79	"	"	5	Kuzey	1204
3-80	"	"	7	Kuzeybatı	1201

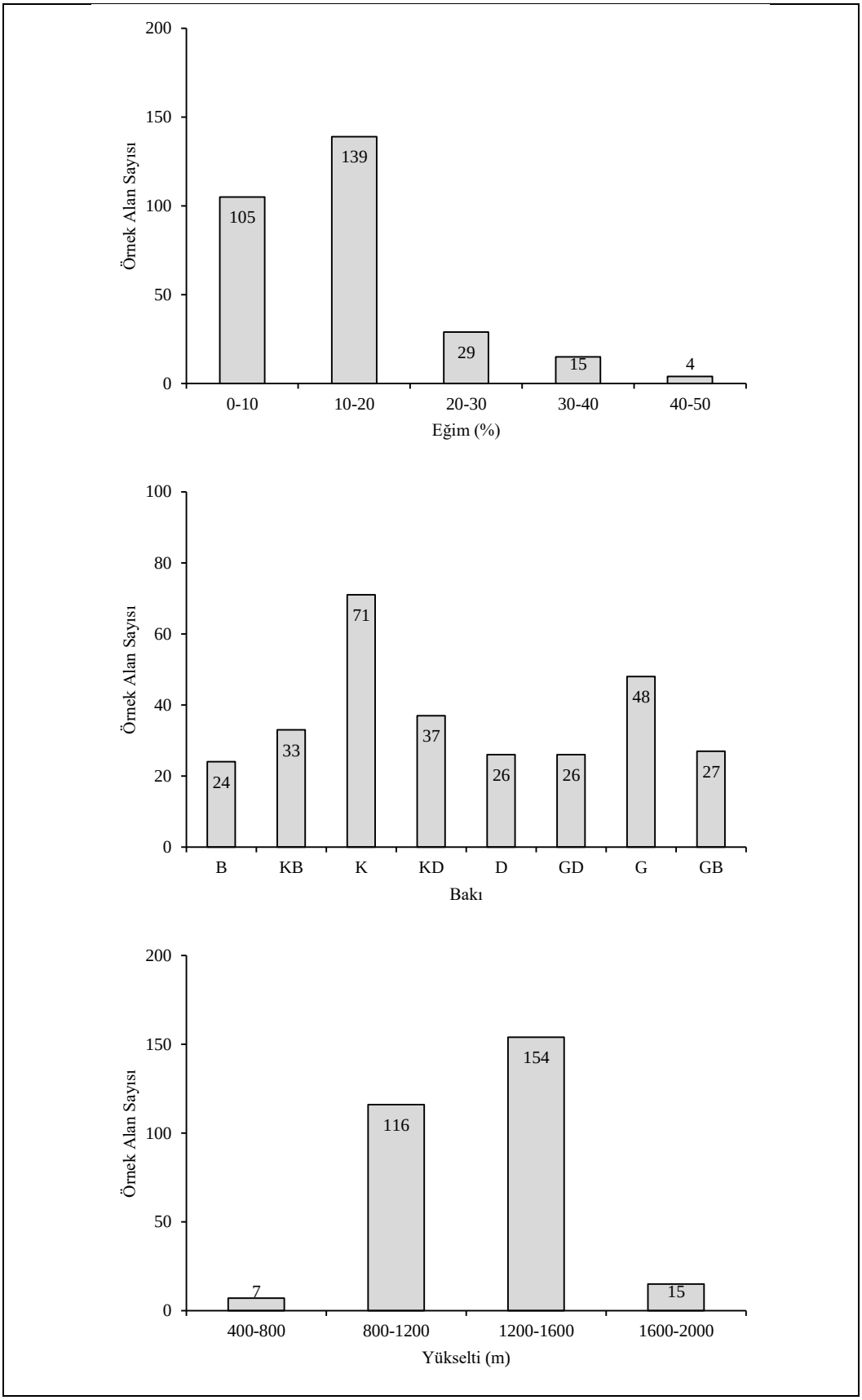
Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
3-81	Küre	Ağlı	7	Kuzeybatı	1201
3-82	"	"	4	Kuzeybatı	1210
3-83	"	"	5	Güneydoğu	1094
3-84	"	"	5	Güneydoğu	1094
3-85	"	"	7	Güney	1101
3-86	"	"	7	Güney	1101
3-87	"	"	2	Kuzeybatı	1126
3-88	"	"	3	Güney	1124
3-89	"	"	2	Güneybatı	1122
3-90	"	"	2	Güney	1119
3-91	"	"	1	Güneybatı	1121
3-92	"	"	1	Batı	1119
3-93	"	"	1	Kuzeydoğu	1118
3-94	"	"	2	Kuzeybatı	1118
3-95	"	"	10	Kuzey	1131
3-96	"	Devrekani	7	Doğu	1075
3-97	"	"	7	Kuzeydoğu	1072
3-98	"	"	3	Kuzey	1066
3-99	"	"	7	Kuzeydoğu	1072
3-100	"	"	7	Doğu	1075
3-101	"	"	14	Doğu	1096
3-102	"	"	14	Doğu	1096
3-103	"	"	14	Doğu	1101
3-104	"	"	13	Doğu	1117
3-105	"	"	6	Doğu	1220
3-106	"	"	3	Kuzey	1219
3-107	Taşköprü	Çiftlik	22	Kuzey	1630
3-108	"	"	19	Kuzey	1637
3-109	"	"	11	Batı	1624
3-110	"	"	13	Batı	1635
3-111	"	"	11	Güneybatı	1641
3-112	"	"	20	Güney	1657
3-113	"	"	18	Güney	1675
3-114	"	"	18	Güney	1657
3-115	"	"	24	Güney	1322
3-116	"	"	3	Güney	1299
3-117	"	"	22	Kuzeybatı	1434
3-118	"	"	27	Kuzeybatı	1464
3-119	"	"	35	Kuzey	1421
3-120	"	"	27	Kuzey	1415
3-121	"	"	10	Güney	1554
3-122	"	"	15	Güneybatı	1564
3-123	"	Kırkçam	5	Kuzeybatı	1269
3-124	"	"	10	Batı	1275
3-125	"	"	31	Kuzey	1446
3-126	"	"	15	Güneydoğu	1269
3-127	"	"	16	Güneydoğu	1279
3-128	"	"	5	Kuzeybatı	1269
3-129	"	"	10	Batı	1248
3-130	"	Koçanlı	15	Güneybatı	1564
3-131	"	"	29	Doğu	1534
3-132	"	"	12	Kuzey	1668
3-133	"	"	14	Kuzey	1652
3-134	"	"	15	Kuzey	1649
3-135	"	"	15	Kuzey	1651
3-136	"	"	14	Kuzeybatı	1650

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Eğim (%)	Bakı	Yükselti (m)
3-137	Taşköprü	Koçanlı	15	Kuzey	1662
3-138	Tosya	Akseki	25	Doğu	1559
3-139	"	"	34	Kuzeydoğu	1550
3-140	"	"	34	Kuzeydoğu	1550
3-141	"	"	34	Kuzeydoğu	1550
3-142	"	Dedemdağ	19	Kuzey	1499
3-143	"	"	10	Kuzey	1506
3-144	"	"	14	Kuzey	1519
3-145	"	"	7	Batı	1526
3-146	"	"	6	Kuzeybatı	1594
3-147	"	"	3	Kuzey	1499
3-148	"	"	3	Kuzey	1499
3-149	"	"	3	Kuzey	1499
3-150	"	"	3	Kuzeydoğu	1588
3-151	"	"	3	Kuzeydoğu	1588

Tablo 2.2 incelendiğinde örnek alanların 105 adedi %0-10 eğim grubunda, 139 adedi %10-20 eğim grubunda, 29 adedi %20-300 eğim grubunda, 15 adedi %30-40 eğim grubunda ve 4 adedi %40-50 eğim grubunda yer almaktadır. Örnek alanların 24 adedi batı, 33 adedi kuzeybatı, 71 adedi kuzey, 37 adedi kuzeydoğu, 26 adedi doğu, 26 adedi güneydoğu, 48 adedi güney ve 27 adedi güneybatı bakılardadır. Ayrıca örnek alanların 7 adedi 400-800 m, 116 adedi 800-1200 m, 154 adedi 1200-1600 m ve 15 adedi 1600-2000 m yükselti basamağında yer almaktadır. Örnek alanların eğim, bakı ve yükselti basamaklarına dağılımları Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 Örnek alanların eğim, bakı ve yükselti gruplarına dağılımları

Modellerin geliştirilmesinde çalışma materyali olarak kullanılan veriler geçici örnek alanlardan ve örnek ağaçlardan elde edilmiştir. Örnek alanlar daire biçiminde alınmış olup büyüklükleri meşcere kapalılığı ve içerisine düşen örnek ağaç sayısı (en az 30 ağaç) dikkate alınarak 200 m^2 ile 1200 m^2 (200, 400, 600, 800, 1000 veya 1200 m^2 olarak) arasında değişmiştir.

Çalışma materyalinin elde edilmesi için örnek alanlarda yapılan işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- İlk olarak örnek alanların koordinat bilgileri ile eğim, bakı, yükselti gibi çeşitli fizyografik özellikleri kaydedilmiştir.

- Örnek alan içerisinde göğüs çapı 8 cm ve daha büyük olan tüm ağaçlar numaralandırılmıştır.

- Örnek alan içerisinde numaralandırılan tüm ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapları ($d_{1,30}$) çapölçer yardımıyla 0,1 cm hassasiyetinde ve çift kabuk kalınlıkları ($ÇKK$) da kabukölçer yardımıyla 1 mm hassasiyetinde ölçülmüştür.

- Örnek alanlarda her bir çap basamağından seçilen 2-3 ağaçta (örnek alan içerisinde 8-12 ağaç) artım burgusu yardımıyla göğüs yüksekliklerinden artım kalemleri alınmıştır. Artım kalemleri üzerindeki yıllık halkalar sayılmış ve ardından son 5 ile son 10 yıllık halka kalınlıkları mm hassasiyetinde ölçülmüştür.

- Örnek alanlarda hektarda 100 ağaç hesabına göre (örnek alan büyüklüğüne bağlı olarak 400 m^2 için 4 ağaç, 600 m^2 için 6 ağaç gibi) örnek alan içerisine düşen en uzun boylu ağaçların boyları boyölçer ile 0,1 m hassasiyetinde ölçülmüştür. En uzun boylu ağaçlara ilişkin boy ölçümlerinin yanında, çap basamaklarına ve çap basamağındaki boy basamaklarına dağıtım yapılmaya çalışılarak meşcere yapısı, örnek alan büyüklüğü, çap ve boylardaki değişime bağlı olarak, örnek alandan örnek alana farklılık göstermekle birlikte her örnek alanda ortalama 10-12 ağaçta daha boy ölçümü yapılmıştır.

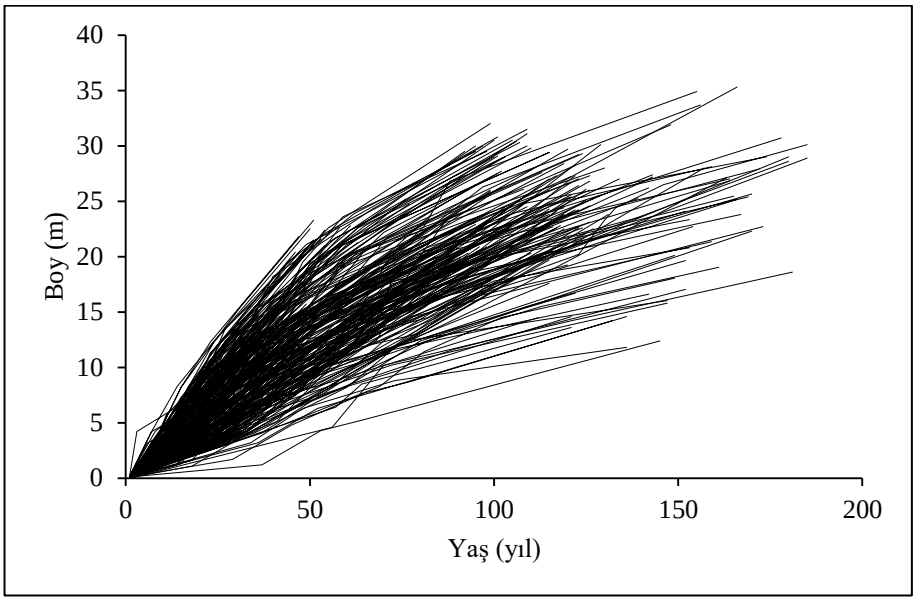
Farklı yaş sınıfı, bonitet sınıfı ve sıklık derecelerinden alınan 292 örnek alan içerisinde farklı çap ve boy basamaklarına dağıtımı yapılmaya çalışılarak toplamda 2831 ağaçta boy ölçümü yapılmıştır. Boy ölçümü için seçilen ağaçların sağlam, düzgün gövdeli ve sağlıklı olmasına dikkat edilirken, kusurlu gövde formuna sahip, kırık tepeli ve çatallaşmış örnek ağaçlar ölçüme dahil edilmemiştir. Ayrıca, 292 örnek alan içerisinde toplamda 2318 ağaçtan artım kalemleri alınarak yıllık halka sayıları belirlenmiş ve son 5 ve son 10 yıla ait halka kalınlıkları ölçülmüştür.

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amacıyla, yetişme ortamı verim gücünü iyi bir şekilde yansıtılabilmesi için galip ya da müşterek galip ağaçlardan seçilen 268 adet örnek ağaçta gövde analizi yapılmıştır. Çalışma alanının verim gücünü temsil amacıyla seçilen örnek ağaçlar, olabildiğince toprağa en yakın noktadan kesilmiş ve ağacın dip kısmından ağacın uç kısmına kadar farklı kesim yüksekliklerinden enine kesitler alınmıştır. Örnek ağaçların yaşları, kesim yüksekliklerindeki yıllık halka sayılarına ilgili yüksekliklere tahmini ulaşma süreleri eklenmek suretiyle tespit edilmiştir. Örnek ağaçlara ve örnek ağaçların ekorejyonlara dağılımına ilişkin istatistiksel bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir. Gövde analizi yapılan örnek ağaçlar Küre, Ağlı, Devrekani, Şenlik, Seydiler, Çiftlik, Kırkçam, Düzdağ, Sarıkaya, Akseki, Karadere, Kadıdağı, Dereyayla, Daday ve İnebolu Orman İşletme Şefliklerinden alınmıştır. Örnek ağaçlara ilişkin yaş-boy dağılımları Şekil 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ekorejyon 1					
Göğüs çapı ($d_{1,30}$, cm)	61	20,0	66,0	37,4	8,8
Ağaç Boyu (h, m)	61	13,0	27,7	20,3	3,8
Yaş (t, yıl)	61	36	173	88	36,2
Ekorejyon 2					
Göğüs çapı ($d_{1,30}$, cm)	60	18,2	90,2	34,0	14,5
Ağaç Boyu (h, m)	60	11,1	35,3	20,6	7,5
Yaş (t, yıl)	60	30	186	90	54,9
Ekorejyon 3					
Göğüs çapı ($d_{1,30}$, cm)	147	17,7	71,5	39,2	10,4
Ağaç Boyu (h, m)	147	11,5	32,0	22,5	5,3
Yaş (t, yıl)	147	31	185	104	33,2
Genel					
Göğüs çapı ($d_{1,30}$, cm)	268	17,7	90,2	37,6	11,4
Ağaç Boyu (h, m)	268	11,1	35,3	21,6	5,7
Yaş (t, yıl)	268	30	186	97	41,2

Tablo 2.3 incelendiğinde bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amacıyla gövde analizi yapılan örnek ağaçların çap, boy ve yaş değerleri Ekorejyon 1 için sırasıyla ortalama 37,4 cm; 20,3 m ve 88 yıl değerlerini; Ekorejyon 2 için sırasıyla ortalama 34,0 cm; 20,6 m ve 90 yıl değerlerini ve Ekorejyon 3 için sırasıyla ortalama 39,2 cm; 22,5 m ve 104 yıl değerlerini almıştır. Çap, boy ve yaş değerleri Ekorejyon 1 için sırasıyla 20,0-66,0 cm; 13-27,7 m ve 36-173 yıl arasında; Ekorejyon 2 için sırasıyla 18,2-90,2 cm; 11,1-35,3 m ve 30-186 yıl arasında ve Ekorejyon 3 için sırasıyla 17,7-71,5 cm; 11,5-32 m ve 31-185 yıl arasında değişmiştir.



Şekil 2.7 Örnek ağaçların yaş-boy dağılımları

2.3 Yöntem

2.3.1 Meşcere Modelleri

Meşcere modelleri, en eski ve en yaygın kullanılan büyüme modellerinden biridir (Weiskittel vd., 2011). Bu modeller, modelleme birimi olarak meşcereleri ele alır (Vanclay, 1994; Kalıpsız, 1998). Meşcere modellerinin tablo olarak sunulmuş hali hasılat tabloları olmaktadır (Fırat, 1972). Normal hasılat tabloları, müdahale görmemiş ve normal sıklıktaki aynı yaşlı meşcerelere ilişkin çeşitli meşcere öğelerini yetişme ortamı verim gücü ve meşcere yaşına bağlı olarak tahmin eden tabloları iken (Vanclay, 1994; Kalıpsız, 1998), sıklığa bağlı hasılat tabloları ise yetişme ortamı

verim gücü ve meşcere yaşına ek olarak üçüncü bir değişken olarak meşcere sıklığını dikkate almaktadır (Vanclay, 1994; Mısır, 2003; Eler ve Carus, 2006; Ercanlı, 2010).

Oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan orman ekosistemlerinde, meşcere yaşı, yetişme ortamı verim gücü ve meşcere sıklığına ilişkin tahminler sunan modellerin başarı ve tahmin yeteneğini artırmak amacıyla, bu modellerde ekolojik faktörlerin de dikkate alınması oldukça önemlidir. Bu bağlamda geliştirilen meşcere modellerinin ekolojik tabanlı olması gerektiği düşünülmüş ve Kastamonu ve Sinop yöresi saf sarıçam meşcereleri için kalan ve ayrılan meşcerenin hacim elemanlarını meşcere yaşı, meşcere sıklığı ve yetişme ortamı verim gücü yanında ekolojik bölgeleri de (ekorejyonlar) dikkate alarak tahmin sunan Ekolojik Tabanlı Meşcere Modelleri'nin geliştirilerek, ekorejyonlar arasında tahmin bakımından anlamlı farklılığın olup olmadığı test edilmeye çalışılmıştır.

2.3.1.1 Örnek alan verilerinin değerlendirilerek meşcere öğelerinin hesaplanması

Örnek alanlardan elde edilen verilerin gerek meşcere gerekse tek ağaç modellerinin geliştirilmesinde kullanılabilmesi amacıyla bir ön değerlendirmeden geçmesi gerekmektedir. Bu amaçla tek ağaç ve meşcere modellerinin geliştirilmesinde kullanılmak üzere, örnek alanlardan elde edilen veriler kullanılarak meşcerelere ilişkin meşcere yaşı, orta çap, orta boy, üst boy, ağaç sayısı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi, sıklık ve yetişme ortamı verim gücü değerleri hesaplanmıştır. Meşcere öğerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler aşağıda verilen alt başlıklarda detaylı olarak açıklanmıştır.

2.3.1.1.1 Meşcere orta yaşının hesaplanması

Meşcere yaşı, aynı yaşlı meşcerelerde önem kazanmaktadır. Büyüme modellerinin ortaya konulmasında meşcere yaşı önemli bir yere sahip olmaktadır. Orman canlı bir varlıktır ve her yıl artım yaparak büyümeye devam eder. Meydana gelen bu artım ve büyüme miktarlarının ne kadar sürede gerçekleştiği oldukça önemli olup burada konu edilen zaman meşcere yaşı olmaktadır (Eler, 2013). Aynı yaşlı meşcerelerde herhangi bir sebeple orman alanında meydana gelen boşluklara toplu bir şekilde

gençliğin gelmesiyle aynı yaşlı ağaçların oluşturduğu bir katlı meşcere yapısı oluşmaktadır (Kalıpsız, 1998; Saraçoğlu, 2017). Aynı yaşlı meşcere, tüm ağaçların tamamının bir kültür alanında olduğu gibi aynı yaşta olması demek değildir. İdare süresine bağlı olarak 0-10 (kısa idare süreli türler) ve 0-20 (uzun idare süreli türler) yıllık yaş farkları olan meşcereler aynı yaşlı meşcereler olarak kabul edilir. Bu meşcerelerdeki ağaçlar arasında da bir miktar kabul edilebilir yaş farkı olması nedeniyle yaş ortalama yaş olarak hesaplanır (Eler, 2013). Bu amaçla orta ağaç konumundaki 4-5 ağaca ilişkin yaşların aritmetik ortalaması alınarak meşcere orta yaşı belirlenir (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984). Yapılan çalışmada orta ağaç durumundaki 4-5 ağacın göğüs yüksekliğinden artım kalemleri alınarak yıllık halkaları sayılmış ve bu ağaçların 1,30 m yüksekliğe ulaşma süreleri (meşcerede bulunan 1,30 m boyundaki fidanların sürgün sayısı yardımıyla; genel olarak I. Bonitet için 6 yıl, II. Bonitet için 8 yıl, III. Bonitet için 10 yıl) göğüs yüksekliği yaşına eklenerek ağaçların yaşları hesaplanmıştır. Ağaçlara ilişkin yaşların aritmetik ortalaması alınarak da örnek alanlara ilişkin meşcere yaşları belirlenmiştir.

2.3.1.1.2 Meşcere orta çapının belirlenmesi

Meşcere orta çapının hesaplanmasında çeşitli yöntemler mevcut olup, aritmetik orta çap ($\bar{d}$), göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_q), Hohenadl orta çapları (d_- ve d_+), Weise orta ağacının çapı (d_w), göğüs yüzeyi merkezi orta ağacının çapı (d_{gm}), hacim orta ağacının çapı (d_v) ve merkezi hacim orta ağacının çapı (d_{vm}) bunlardan bazılarıdır (Kalıpsız, 1984; Eler, 2013). Ağaçların hacim ve göğüs yüzeyleri birbiri ile doğru orantılı olduğu için göğüs yüzeyi orta ağacının da hacim bakımından meşcereyi temsil ettiği varsayılmaktadır (Kalıpsız, 1984). Yapılan çalışmada, uygulamada yaygın olarak kullanılması ve hacim orta ağacına oldukça yakın olması sebebiyle göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_q) meşcere orta çap değerinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984). Meşcere orta çapı Eşitlik 2.1 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$d_q = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n}} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; d_q göğüs yüzeyi orta ağacının çapını, d_i örnek alandaki *i.* ağaca ilişkin göğüs çapını (cm), *n* örnek alandaki ağaç sayısını (adet) ifade etmektedir.

2.3.1.1.3 Çap-boy modelleri

Göğüs çapı ve ağaç boyu, meşcerelere ilişkin büyüme modellerinin geliştirilmesi için temel bir gerekliliktir. Göğüs yüksekliği çapı, ağaç boyundan daha kolay ve doğru bir şekilde ölçülebilir. Bu nedenle orman envanterinde, örneklenen tüm ağaçlar için çap ölçülürken, ağaç boyu daha az sayıda ağaç için ölçülür. Yapılan ölçümlerden faydalanılarak, bu iki değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamak üzere grafik veya istatistiksel modeller geliştirilir (Calama ve Montero, 2004).

Ağaçlara ilişkin çap ve boy ölçümleri, orman envanterlerinde yer alan temel ölçümlerdendir ve bu değişkenler arasındaki ilişkinin modellenmesi, boy ölçümüne zaman ve emek harcamadan tek ağaç ve meşcerelere ilişkin hacim tahminleri, tek ağaç artım modellerinin geliştirilmesi, meşcere yapısı ile biyokütle ve karbon tahminlerine olanak sağlar (Curtis, 1967; Parresol, 1992; Peng vd., 2001a; Calama ve Montero, 2004; VanderSchaaf, 2014). Yapılan bu çalışmada da örnek alanlar içerisinde çapı 8 cm ve daha kalın olan tüm ağaçların göğüs çapları ölçülmüş olmasına karşın boy ölçümleri sınırlı sayıda ağaçta yapılabilmiştir. Meşceredeki ağaçlara ilişkin hacim tahminlerinde çift girişli denklemlerin kullanılabilmesi için çap ve boy değerlerine ihtiyaç olmaktadır. Bu sebeple çap-boy denklemlerinin geliştirilmesi planlanmıştır.

Bir ağacın çapı ile boyu arasındaki ilişki meşcereden meşcereye değişmektedir. Bu ilişki aynı meşcere içinde zamana bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Çünkü farklı yaş, sıklık ve bonitet sınıflarında bulunan meşcerelerin çap-boy ilişkileri de farklı olmaktadır (Curtis, 1967; Castedo-Dorado vd., 2005). Orman ekosistemlerinde meşcere yapıları homojen bir yapı oluşturmadığı için çap-boy ilişkilerini tek bir model ile açıklamak oldukça zor olmaktadır. Bu yüzden çap-boy ilişkilerinde meydana gelen değişkenliği azaltabilmek için her bir meşcere için ayrı çap-boy

modeli geliştirilmelidir (Calama ve Montero, 2004; Özçelik ve Çapar, 2014). Bu modeller doğrusal ya da doğrusal olmayan modeller şeklinde olabilmektedir. Bir orman içinde bulunabilecek tüm olası ilişkileri tahmin etmek için tek bir eğri başarılı olamamaktadır. Bu varyans düzeyini en aza indirmek için, meşcere özellikleri çap-boy modellerinde bağımsız değişken olarak yer alabilir (Curtis, 1967; Larsen ve Hann, 1987; López-Sánchez vd., 2003; Sharma ve Zhang, 2004; Temesgen ve Gadow, 2004; Castedo-Dorado vd., 2006). Ağaçlara ilişkin göğüs çaplarına ek olarak, çeşitli meşcere özelliklerini de bağımsız değişken olarak içeren denklemler "genelleştirilmiş çap-boy denklemleri" (generalized height-diameter models) olarak adlandırılmaktadır (Lappi, 1997; Mısır, 2010; Özçelik ve Çapar, 2014; Ercanlı ve Eyüboğlu, 2019).

Çalışmaya konu Kastamonu ve Sinop yöresi sınırları oldukça geniş bir alanı barındırmakta ve doğal olarak ilgili alanda yayılış gösteren sarıçam meşcereleri oldukça farklı yetişme ortamı koşullarında bulunabilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanında yer alan ekorejyonlarda çap-boy gelişiminin farklılık gösterip göstermediği araştırmaya konu olmuştur.

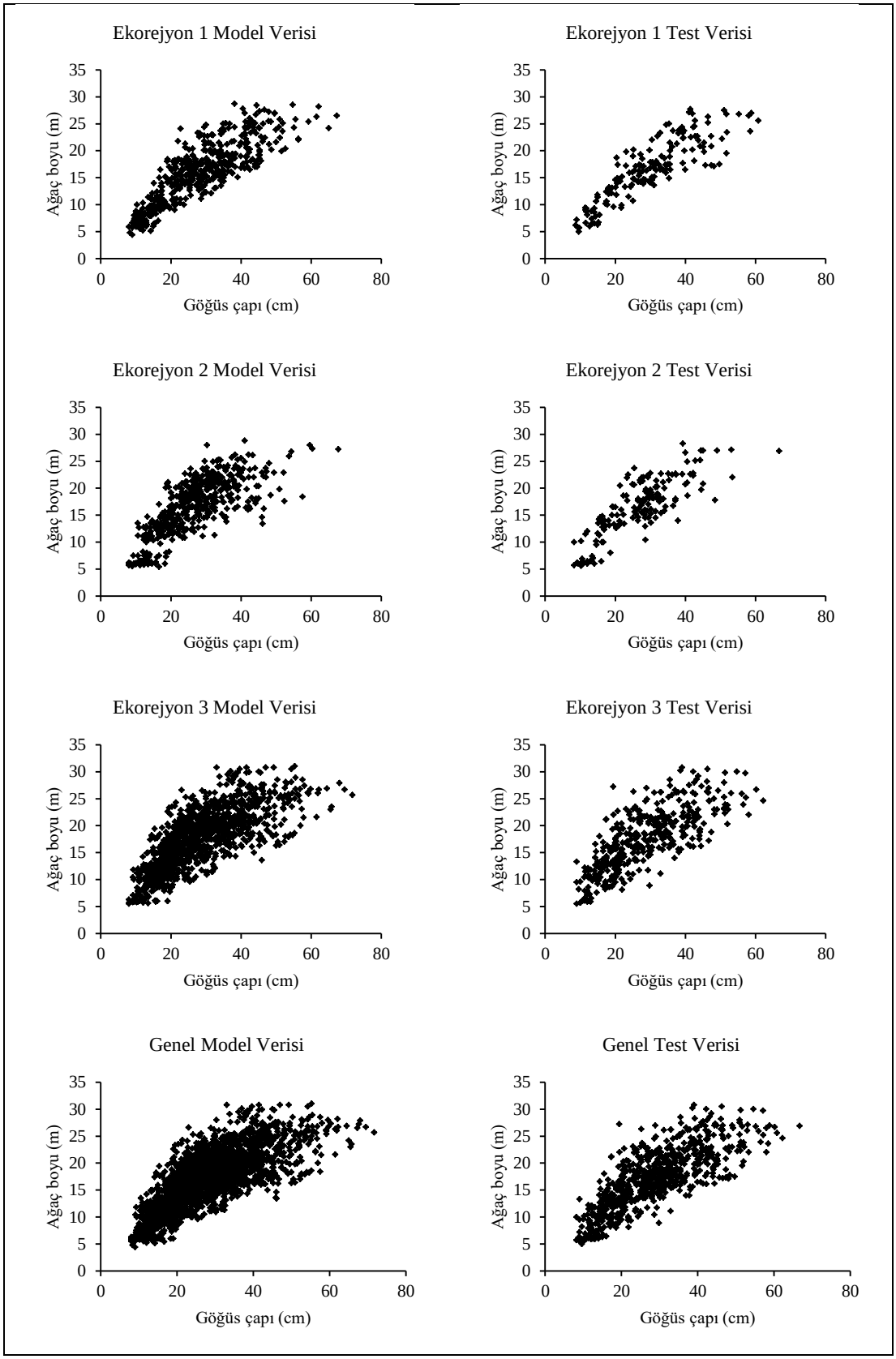
Ekolojik tabanlı çap-boy modelinin geliştirilebilmesi amacıyla üç ekorejyonda sürdürülen arazi çalışmaları kapsamında elde edilen çap-boy verileri (2831 adet) tesadüfi olarak model geliştirme verileri (2107 adet, yaklaşık %75) ve geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kontrol verileri (724 adet, yaklaşık %25) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme, kontrol ve tüm veri setlerine ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler ve ekorejyonlarda yer alan örnek ağaçların dağılımı Tablo 2.4'te ve bu örnek ağaçlara ait çap-boy dağılımları ise Şekil 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.4 incelendiğinde, model geliştirme veri grubundaki örnek ağaçların çap değerleri Ekorejyon 1'de 8,0-67,3 cm; Ekorejyon 2'de 8,0-67,7 cm; Ekorejyon 3'te 8,0-71,7 cm ve çalışma alanı genelinde 8,0-71,7 cm arasında değişmektedir. Kontrol veri grubundaki çap değerleri ise Ekorejyon 1'de 8,7-60,8 cm; Ekorejyon 2'de 8,2-66,7 cm; Ekorejyon 3'te 9,0-62,2 cm ve çalışma alanı genelinde 8,2-66,7 cm arasındadır. Örnek ağaçların boy değerleri, model geliştirme veri grubu için Ekorejyon 1'de 4,4-28,7 m; Ekorejyon 2'de 5,4-28,8 m; Ekorejyon 3'te 5,5-31,0 m

ve çalışma alanı genelinde 4,4 -31,0 m arasında, kontrol veri grubunda ise Ekorejyon 1'de 5,0-27,7 m; Ekorejyon 2'de 5,6-28,8 m; Ekorejyon 3'te 5,0-30,8 m ve çalışma alanı genelinde 4,4-30,6 m arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 2.4 Çap-boy modelleri için kullanılan örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

Ekorejyon	Değişken	Model Verisi					Test Verisi				
		n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ekorejyon 1	*d* (cm)	488	8,0	67,3	27,5	11,9	167	8,7	60,8	29,9	12,1
	h (m)	488	4,4	28,7	15,6	5,7	167	5,0	27,7	16,5	5,7
Ekorejyon 2	*d* (cm)	494	8,0	67,7	26,7	9,9	158	8,2	66,7	26,9	10,5
	h (m)	494	5,4	28,8	16,7	5,0	158	5,6	28,3	16,5	5,3
Ekorejyon 3	*d* (cm)	1125	8,0	71,7	28,5	11,6	399	9,0	62,2	28,5	11,5
	h (m)	1125	5,5	31,0	17,6	5,5	399	5,5	30,8	17,5	5,6
Genel	*d* (cm)	2107	8,0	71,7	27,8	11,3	724	8,2	66,7	28,5	11,4
	h (m)	2107	4,4	31,0	16,9	5,5	724	5,0	30,8	17,1	5,6



Şekil 2.8 Çap-boy modellerinin geliştirilmesinde kullanılan verilere ilişkin dağılımlar

Çalışmanın bu aşamasında, ilk olarak literatürde sıklıkla yer alan ve çap-boy ilişkilerini başarılı bir şekilde modelleyen 10 adet genelleştirilmiş çap-boy denklemi seçilmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak model parametreleri tahmin edilmiştir. Tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bulunan çap-boy modellerinin başarıları çeşitli istatistiksel ölçütlere göre rölatif sıralamaya tabi tutularak değerlendirilmiş ve en başarılı doğrusal olmayan genelleştirilmiş çap-boy modeli seçilmiştir. Parametre tahmini yapılan çap-boy model yapıları ve yararlanılan kaynaklar Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5 Çap-boy modellerinin geliştirilmesi için kullanılan modeller

Model	Matematiksel Model Formu	Kaynak
DH1	$h = 1{,}3 + (h_{100} - 1{,}3)\dfrac{\left(1 - \exp\left(-\mathrm{a}d_{1,3}\right)\right)}{\left(1 - \exp(-\mathrm{a}D_0)\right)}$	Meyer (1940)
DH2	$h = 1{,}3 + (h_{100} - 1{,}3)\left(\dfrac{d_{1,3}}{D_0}\right)^{\mathrm{a}}$	Canadas vd. (1999)
DH3	$h = \left(1{,}3^{\mathrm{b}} + \left({h_{100}}^{\mathrm{b}} - 1{,}3^{\mathrm{b}}\right)\dfrac{1 - \exp\left(-\mathrm{a}d_{1,3}\right)}{1 - \exp(-\mathrm{a}D_0)}\right)^{\frac{1}{\mathrm{b}}}$	Shnute (1981)
DH4	$h = 1{,}3 + (h_{100} - 1{,}3)\dfrac{\exp\left(\mathrm{a}{d_{1,3}}^{\mathrm{b}+\mathrm{c}(h_{100}-1{,}3)}\right)}{\exp\left(\mathrm{a}{D_0}^{\mathrm{b}+\mathrm{c}(h_{100}-1{,}3)}\right)}$	Kurumland ve Wensel (1988)
DH5	$h = \mathrm{a}h_{100}\left(1 - \exp\left(\dfrac{-\mathrm{b}d_{1,3}}{d_q}\right)\right)^{\mathrm{c}}$	Pienaar vd. (1991)
DH6	$h = 1{,}3 + (h_{100} - 1{,}3)\exp\left(\left(\mathrm{a} + \mathrm{b}h_{100} + \mathrm{c}d_q\right)\left(\dfrac{1}{d_{1,3}} - \dfrac{1}{D_0}\right)\right)$	Burkhart ve Strub (1974)
DH7	$h = 1{,}3 + \left(\mathrm{a} + \mathrm{b}h_{100} - \mathrm{c}d_q\right)\left(\exp\left(-\dfrac{d}{d_{1,3}}\right)\right)$	Mirkovic (1958)
DH8	$h = 1{,}3 + \mathrm{a}G^{\mathrm{c}}(1 - \exp(-\mathrm{c}SD^{\mathrm{d}}d_{1,3})$	Sharma ve Zhang (2004)
DH9	$h = 1{,}3 + \ (\mathrm{a} + \mathrm{b}G + \mathrm{c}h_{100})\left(\exp\left(\dfrac{d}{d_{1,3}}\right)\right)$	Huang vd. (2000a)
DH10	$h = 1{,}3 + (\mathrm{a}{h_{100}}^{\mathrm{b}})\left(1 - \exp\left(-\mathrm{c}\left(\dfrac{N}{G}\right)^{\mathrm{d}} d_{1,3}\right)\right)^{\mathrm{e}}$	Richards (1959) Sharma ve Parton (2007)

a, b, c, d, e: model parametreleri, h: ağaç boyu (m), $d_{1,3}$: göğüs çapı (cm), h_{100}: üst boy (m), D_0: dominant çap (cm) (hektarda 100 ağaç hesabına göre en kalın çaplı ağaçların ortalama çapı), d_q: göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (cm), G: meşcere göğüs yüzeyi (m^2/ha), N:ağaç sayısı (adet/ha), SD: Sıklık derecesi.

İkinci aşamada ise istatistiksel ölçütler ve parametre anlamlılığı bakımından en başarılı bulan çap-boy modeline karışık etkili regresyon analizi uygulanmıştır. Karışık etkili modelleme konsepti içerisinde, temel alınan modelin tüm parametreleri bütün ekorejyonlar için genel olan sabit etkili parametreleri ifade ederken, parametrelerin bazılarına ya da tamamına tesadüfi değişken eklenerek tesadüfi parametreler elde edilebilir. Bu tesadüfi etkili parametreler her bir ekorejyon için özeldir. Modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında çap-boy ilişkileri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırıldığı için ekorejyonlar rasgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir. Karışık etkili modellerin geliştirilmesinde R programındaki "nlme" paketi kullanılmıştır.

2.3.1.1.4 Meşcere orta boyunun hesaplanması

Meşcere orta boyunun hesaplanmasında birçok yöntem (aritmetik orta boy ($\bar{h}$), hacim orta ağacının boyu (h_v), merkezi hacim orta ağacının boyu (h_{vm}), göğüs yüzeyi orta ağacının boyu (h_g), göğüs yüzeyi merkezi orta ağacının boyu (h_{gm}), Weise orta ağacının boyu (h_w) ve Lorey'in meşcere orta boyu (h_L) gibi) kullanılmaktadır (Kalıpsız, 1984; Eler, 2013). Yapılan çalışmada, uygulamada yaygın olarak kullanılması ve pratik olması bakımından çalışma alanı ve çalışılan türe uygun çap-boy denkleminde göğüs yüzeyi orta ağacının çapına karşılık gelen "göğüs yüzeyi orta ağacının boyu (h_g)" kullanılmıştır.

2.3.1.1.5 Meşcere üst boyunun hesaplanması

Artım ve büyüme tahminlerinde yetişme ortamı verim gücünün ortaya konulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Yetişme ortamı verim gücü ortaya konulurken de silvikültürel müdahalelerden en az etkilenen meşcere özelliği olan meşcere üst boyu dikkate alınır. Meşcere üst boyunun belirlenmesinde farklı bazı yaklaşımlar vardır. Genel olarak da, hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alana düşen en uzun boylu ağaçların boyları ortalaması veya hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alana düşen en kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyi orta ağacına karşılık gelen boy değeri yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984; van Laar ve Akça, 2007). Yapılan çalışma kapsamında, hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alan

içerisine düşen (400 m^2'de 4 adet, 600 m^2'de 6 adet en uzun ağaç gibi) en uzun boylu ağaçlara ilişkin boyların aritmetik ortalaması alınarak üst boy hesabı yapılmıştır.

2.3.1.1.6 Meşcere ağaç sayısının hesaplanması

Örnek alan içerisinde bulunan ağaç sayısının hektara çevirme katsayısı (*HÇK=10000/a*) ile çarpılması sonucu meşcereye ilişkin ağaç sayısı hesaplanmıştır. Meşcere ağaç sayısının hesaplanmasında kullanılan Eşitlik 2.2 aşağıdaki gibidir:

$$N = \frac{10000}{a} n \tag{2.2}$$

Bu eşitlikte; N ve n sırasıyla hektardaki (adet/ha) ve örnek alandaki (adet) ağaç sayılarını, a ise örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.7 Meşcere göğüs yüzeyinin hesaplanması

Meşcere göğüs yüzeyinin hesaplanması için öncelikle her bir örnek alandaki ağaçların göğüs yüzeyleri hesaplanarak toplanmıştır. Ardından örnek alanlara ilişkin toplam göğüs yüzeyi değerleri hektara çevirme katsayısıyla çarpılarak meşcere göğüs yüzeyi hesaplanmıştır (Eşitlik 2.3):

$$G = \frac{10000}{a} \frac{\pi}{4} \sum d_i^2 \tag{2.3}$$

Bu eşitlikte; G hektardaki göğüs yüzeyini (m^2/ha), d_i örnek alan içerisindeki i. ağaca ilişkin göğüs çapını (m) ve a örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.8 Meşcere hacminin hesaplanması

Meşcere hacmi, orman envanterindeki en önemli meşcere özelliklerinden birisidir (Kalıpsız, 1984; van Laar ve Akça, 2007). Ağaç hacim denklemleri, çap ve boy gibi ağaçların çeşitli boyutlarının fonksiyonu olarak hacim tahmini sunarlar. Ölçümü nispeten daha kolay olan bağımsız değişkenler yardımıyla tek ağaçların hacimleri bu denklemler yardımıyla elde edilir (Kalıpsız, 1984). Her bir ağaca ilişkin hacim

değerleri toplanarak örnek alana ilişkin hacim değeri elde edilir ve ardından hektara çevrilerek birim alandaki meşcere hacmi hesaplanmış olur.

Yapılan çalışmada da meşcere hacminin belirlenmesinde ağaç hacim denklemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla örnek alanlardaki ağaçların hacim tahminlerinde bulunmak üzere Şenyurt (2011) tarafından Batı Karadeniz Bölgesi sarıçam meşcereleri için geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır (Eşitlik 2.4). İlgili denklemde yer alan bağımsız değişkenlerden göğüs çapı tüm ağaçlar için ölçülmüş fakat ağaç boyu sınırlı sayıda ağaç için ölçülmüştür. Eşitlik 2.4'te yer alan çift girişli hacim denkleminin kullanılabilmesi için gerekli olan ağaç boyları yine çalışma kapsamında geliştirilmiş olan genelleştirilmiş çap-boy modellerinden elde edilmiştir. Her bir ağacın göğüs çapı ve boyuna göre ağaç hacim tahmini sunan denklem aşağıdaki gibidir:

$$V = 1{,}003506 \exp(-3{,}062228 + 2{,}195122 * \ln d - 0{,}058577 * \ln d^2 + 0{,}669187 * \ln h + 0{,}080075 * \ln h^2) \quad (2.4)$$

Yukarıdaki denklem göğüs çapı (cm) ve ağaç boyuna (m) göre tek ağaç kabuklu gövde hacmini (dm^3) vermektedir. Örnek alanlarda yapılan çap ölçümleri ile çap-boy denklemlerinden elde edilen boy değerleri Eşitlik 2.4'te yerlerine konularak örnek alan içerisindeki her bir ağaca ilişkin hacim değerleri hesaplanmış ve her bir ağaca ilişkin hacim değerlerinin toplanmasıyla da örnek alan hacimleri elde edilmiştir. Örnek alanlara ilişkin hacim değerleri öncelikle m^3 birimine çevrilmiş ve bu değerlerden faydalanılarak birim alandaki hacim (m^3/ha) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$V = \frac{10000}{a} \sum v_i \quad (2.5)$$

Bu eşitlikte; V hektardaki hacim değerini (m^3/ha), v_i örnek alan içerisindeki i. ağaca ilişkin hacim değerini (m^3) ve a örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.9 Meşcere sıklığının hesaplanması

Meşcere hacim ve hacim artımı değerleri meşcere sıklığı ile yakından ilgilidir. Meşcere sıklığı, meşcere içerisinde bulunan ağaçların bulundukları yetişme ortamını kullanım derecesi olarak ifade edilebildiği gibi (Günel, 1981; Yavuz, 1988; Kershaw vd., 2017), Gingrich'e (1967) atfen Kershaw vd. (2017) tarafından meşcere içerisindeki ağaçların kalabalıklık derecesi olarak da tanımlanmıştır.

Meşcere sıklığını hesaplamakta kullanılacak ölçütü belirlemek oldukça zordur. Çünkü bu ölçütün; kolay ve yansız bir şekilde ölçülme, ağaçlar arasındaki rekabeti etkin bir şekilde yansıtabilme ve meşcere yaşı ile bonitete göre değişmeme gibi çeşitli koşulları birlikte sağlaması gerekmektedir (Spurr, 1952; Günel, 1981). Meşcere sıklığının hesaplanmasında çeşitli yöntemler (birim alandaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacmi, ağaç alan oranı, meşcere orta çapı-birim alandaki ağaç sayısı ilişkisi gibi (Günel, 1981)) bulunmakla birlikte bu çalışmada meşcere sıklık ölçütü olarak Curtis vd. (1981) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak meşcere sıklık derecesi (*SD*) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$SD = \frac{G}{\sqrt{d_q}} \tag{2.6}$$

Bu eşitlikte; *SD* sıklık derecesini, *G* hektardaki göğüs yüzeyini (m^2/ha) ve d_q ise göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm) ifade etmektedir.

2.3.1.1.10 Yetişme ortamı verim gücünün belirlenmesi

Meşcere verim gücü (meşcere boniteti), bir meşcerenin belirli bir yaşta yapabileceği üretim miktarı (Günel, 1981) ve bir yetişme ortamının meşcere artım ve büyümesini destekleme yeteneğini karakterize eden fiziksel ve biyolojik faktörler bütünü olarak tanımlanabilir (Skovsgaard ve Vanclay, 2008). Artım üzerinde önemli bir etkiye sahip olan yetişme ortamı özellikleri, ilgili muhitin iklim, toprak, topografya ve mevki gibi faktörlerin etkisiyle oluşur (Eler ve Carus, 2006). Belli bir yaşta bir meşcerenin yapacağı üretim miktarını tahmin etmek, orman işletmelerini teknik ve ekonomik olarak planlayabilmenin önemli bir aşamasıdır (Günel, 1981). Yetişme ortamı verim gücünün meşcere yaşı ve meşcere sıklığı ile birlikte meşcere hacim ve hacim öğeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmasından dolayı bu değerin

belirlenmesi oldukça önemli olmaktadır (Yavuz, 1988). Yetişme ortamı verim gücünün hesaplanması planlama sürecinde planlama birimine ilişkin optimal kuruluş ile ortalama bonitetin hesaplanması ve etaya karar verilmesi durumlarında önemli olmakta, bu durumlarda bonitet değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Seki, 2015).

Yetişme ortamı verim gücü tayininde kullanılacak ölçütlerin kolay ölçülebilir ve temsil yeteneğinin yüksek olması istenmektedir. Yetişme ortamı verim gücünün tahmin edilmesinde kullanılan yöntemler yetişme ortamı özelliklerinden yararlanan yöntemler (Doğrudan Yöntemler) ve meşcere özelliklerinden yararlanan yöntemler (Dolaylı Yöntemler) olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Doğrudan yöntemler; i) İklim verilerinden yararlanan yöntemler, ii) Toprak florasından yararlanan yöntemler ve iii) Toprak özelliklerinden yararlanan yöntemler olmak üzere üç alt gruba ayrılmaktadır. Doğrudan yöntemlere dayanarak yetişme ortamı verim gücünün tahmin edilmesi, hem emek yoğun ve maliyetli bir çalışma gerektirmekte hem de bu yöntemlerden her birinin tek başına kullanılması ile sağlayacağı tahmin bakımından yetersiz kalmaktadır. Her üç yöntem meşcerede büyümeyi etkileyen yetişme ortamının bir öğesi olmakta ve birlikte karmaşık etkilere sahip olabilmektedirler. Ülkemizde gerek topografik özellikler ve toprak özelliklerinin çok dar alanda dahi oldukça farklılıklar göstermesi gerekse tür çeşitliliği bakımından oldukça zengin olması bu yöntemlerin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu bağlamda doğrudan yöntemlerin kullanılabilmesi için tüm faktörlere ilişkin oldukça yoğun tetkiklere ihtiyaç vardır (Günel, 1981; Kapucu, 2004; Eler ve Carus, 2006; Skovsgaard ve Vanclay, 2008).

Ekolojik olarak birçok faktör yetişme ortamı verim gücünü etkilemekte ve bu faktörlerin her biri bağımsız bir değişken olarak modele dahil edilebilmektedir. Planlama ve uygulama aşamasında kullanılacak büyüme modellerinin ortaya konulması için temel bir gereklilik olan yetişme ortamı verim gücünü tahmin eden modellerin içereceği bağımsız değişkenlerin de kolay ölçülebilir ve bağımlı değişkeni açıklayıcılığının yüksek olması arzu edilmektedir (van Laar ve Akça, 2007). Verim gücünün, yetişme ortamı özelliklerini oluşturan iklim ve toprak faktörlerine göre hesaplanmaya çalışılması, araştırmayı oldukça karmaşık ve içinden çıkılmaz bir duruma getirebilmektedir (Eler ve Carus, 2006). Bu nedenle genel

olarak uygulamada, yetişme ortamı özelliklerinden yararlanan yöntemler yerine, meşcere özelliklerinden yararlanan dolaylı yöntemler tercih edilmektedir (Kapucu vd., 2002).

Aynı yaşlı meşcerelerde meşcere orta çapı ve meşcere göğüs yüzeyi silvikültürel müdahalelerden etkilendikleri için meşcere verim gücü tayininde etkili ve yeterli olamamaktadırlar. Meşcere hacmi bu amaçla kullanılabilecek bir özelliğe sahip olmakla birlikte tahmininin zor oluşu ve meşcereden herhangi bir sebeple çıkarılan hacmin ortaya konulamaması bakımından yetişme ortamı verim gücünü tahmin etmekte tercih edilmemektedir. İlk kez Baur (1881)'e atfen Skovsgaard ve Vanclay (2008), aynı yaşlı meşcerelerde meşcere orta boyu ile birim alandaki hacim değeri arasında bir ilişki olduğunu ifade etmiş ve bu sebeple yetişme ortamı verim gücü tayininde bu değişkenin kullanılabileceğini belirtmiştir. Fakat meşcere orta boyunun silvikültürel müdahalelere hassas olduğu görülmüştür. Meşcere üst boyu ise müdahale türü ve şiddetinden en az etkilenmesi ve meşcere verim gücü ile güçlü bir ilişki kurması bakımından söz konusu amaca hizmet eden bir meşcere özelliğidir (Günel, 1981; Clutter vd., 1983; Monserud, 1984; Eraslan, 1982; Eler ve Carus, 2006; Skovsgaard ve Vanclay, 2008).

Aynı yaşlı meşcerelerde meşcere üst boyuna dayanarak tahmin sağlayan dolaylı yöntemler (i) Anamorfik, (ii) Polimorfik ve (iii) Kombine yöntem olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Günel, 1981). Anamorfik yöntemde farklı yaştan ve bonitetten meşcerelerden seçilen galip ağaçlarda yaş ve boy ölçümleri yapılarak meşcere verim gücü pratik bir şekilde tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu sebeple uygulamada da oldukça yer bulmuştur. Fakat bu yöntemde her yaş için boy artım oranlarının aynı olduğu ve hepsinin en yüksek boy artım değerine aynı yaşlarda ulaşması, bütün bonitet sınıfları için klavuz eğrinin aynı eğilime sahip olması gibi temel büyüme kanuniyetlerine aykırı olan durumlar mevcuttur (Günel, 1981; Akalp, 1978b; Asan, 1987; Yavuz, 1992; Eler ve Carus, 2006). Polimorfik yöntemde, çeşitli verim gücü sınıflarından seçilen meşcerelerde gövde analizi yapılarak boylanma eğrileri çizilir. Anamorfik yöntemin aksine bu eğriler aynı forma sahip değillerdir. Fakat meşcere gelişimin tek bir ağaç gelişimi ile tahmin edilmesi her zaman gerçeği yansıtamamaktadır (Günel, 1981; Eler ve Carus, 2006).

Meşcere özelliklerinden yararlanan yöntemlerle yapılacak bonitetleme çalışmalarında boy gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olan meşcere yaşını sabit tutacak bir standart yaşa ihtiyaç vardır ve bu standart yaştaki üst boy değerinin hesaplanması gerekmektedir. Belli bir standart yaşta meşcerenin alacağı üst boy değeri "bonitet endeksi" olarak isimlendirilmekte ve meşcere verimliliğinin ortaya konulmasında önemli olmaktadır (Carmean, 1972; Clutter vd., 1983; Carmean ve Lenthall, 1989; Kalıpsız, 1998; Barrio-Anta ve Diéguez-Aranda, 2005; Adame vd., 2006; Cieszewski ve Strub, 2008). Bu değer verim gücü sınıflamasında kullanmaktadır. Meşcere verim gücü tahmini için geliştirilecek bonitet endeks modellerinde standart yaş önemli olmaktadır. Ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalarla standart yaş değerinin uzun idare süreli türlerde genel olarak 100 yıl ve kısa idareli türlerde ise 50 yıl olarak alınabileceği ortaya konulmuştur. Uluslararası çalışmalarda ise standart yaş oldukça farklı değerler alabilmektedir. Sabit bir yaş seçilip bu standart yaşa bağlı olarak bonitet endeks tabloları düzenlendiğinden dolayı, farklı standart yaşlar için tahminler elde edilememektedir (Harrison vd., 2002; Ercanlı, 2010). Bu eksiklik standart yaşa bağlı değişmezlik (base-age invariance) özelliğine sahip yani standart yaşın değişmesi durumunda boy tahminlerinin bu değişikliklerden etkilenmediği Dinamik Bonitet Endeks Modelleri ile giderilebilmektedir. Bu modellerin geliştirilmesi amacıyla iki yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar; Cebirsel Fark Yaklaşımı (CFY) (The Algebraic Difference Approach (ADA)) ve Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı (GCFY) (Generalized Algebraic Difference Approach (GADA)) şeklindedir (Cieszewski, 2001; Diéguez-Aranda vd., 2006; Ercanlı, 2010; Seki ve Sakıcı, 2017).

Standart yaşa bağlı değişmezlik özelliğine sahip bonitet endeks modellerinin geliştirilmesindeki yaklaşımlardan olan Cebirsel Fark Yaklaşımı ilk olarak Bailey ve Clutter (1974) tarafından ormancılık literatüründe yer bulmuştur. CFY'de ilk olarak meşcerelerin yaş-boy ilişkisini ortaya koyabilecek temel bir büyüme denklemi seçilmekte, sonrasında ise büyüme modelinin bir parametresine göre cebirsel olarak yeniden düzenlenmektedir. Bu yaklaşımla çok asimptotlu - anamorfik şekilli veya tek asimptotlu - polimorfik şekilli bonitet endeks modelleri geliştirilmektedir. Fakat büyüme kanuniyetleri açısından bu iki durumun da sağlandığı yani hem polimorfik hem de çok asimptotlu bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi önemli olmaktadır.

Bu amaçla temel büyüme modelinde cebirsel düzenlemelerin en az iki model parametresine bağlı olarak yapılması gerekir. Bahsedilen olumsuzlukların giderilmesine katkı sağlayacak olan ve standart yaşa bağlı değişmezlik özelliğine sahip bonitet endeks modellerinin geliştirilmesindeki yaklaşımlardan bir diğeri ise Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından geliştirilmiş olan Genellestirilmis Cebirsel Fark Yaklaşımı (GCFY)'dır. Genel olarak GCFY kullanılarak geliştirilen modellerin oldukça başarılı ve büyüme yasaları ile de uyumlu sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Diéguez-Aranda vd., 2006; Cieszewski vd., 2007; Ercanlı, 2010). Sözü edilen büyüme yasaları Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

- Bonitet endeks eğrilerinin orijinden geçmesi (t=0 için h=0),
- Bonitet endeks eğrilerinin maksimum boy değerlerinin her bir verim gücü için farklı değerde olması (çoklu asimptot),
- Bonitet endeks eğrilerinin yetişme ortamı verim gücüne bağlı olarak farklılık göstermesi (polimorfizm),
- Bonitet endeks eğrilerinin geniş S şeklini oluşturmasıdır.

Bu yasalara ek olarak diğer önemli bir ölçüt de meşcere verim gücü arttıkça maksimum boy artımı değerinin artması ve bu değere ulaşma yaşının ise azalmasıdır (Ercanlı vd., 2014; Seki ve Sakıcı, 2017).

Yapılan çalışma kapsamında büyüme kanuniyetlerine uygun ve başarılı tahminler sunması bakımından GCFY ile elde edilen dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilerek yetişme ortamı verim gücü tahmin edilmiştir. Bu amaçla; Cieszewski (2002), Cieszewski (2004), Krumland ve Eng (2005) ve Trim vd. (2020) tarafından GCFY ile düzenlenmiş bonitet endeks modelleri (Bertalanffy-Richards, Hossfeld, King-Prodan, Schumacher, Bailey-Clutter ve Lundqvist-Korf) kullanılmıştır (Tablo 2.6). Tabloda Bertalanffy-Richards adıyla verilen temel büyüme modeli bazı kaynaklarda Richards ve bazı kaynaklarda da Chapman-Richards modeli olarak da anılmaktadır (Vanclay, 1994; García, 2008).

Tablo 2.6 Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde kullanılan denklem yapıları

Model	Temel Büyüme Modeli	GCFY Modeli
GCFY1	Bertalanffy-Richards $h = \mathrm{b}_0\left(1 - \exp(-\mathrm{b}_1 t)\right)^{b_2}$	$h = \exp(X_0)\,[1 - \exp(-\mathrm{a}t)]^{(\mathrm{b}+1/X_0)}$ $X_0 = \frac{1}{2}\left((\ln h_0 - \mathrm{b}L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - \mathrm{b}L_0)^2 - 4L_0}\right)$ $L_0 = \ln\left(1 - \exp(-\mathrm{a}t_0)\right)$
GCFY2	Hosfeld $h = \frac{\mathrm{b}_0}{1 + \mathrm{b}_1 t^{-\mathrm{b}_2}}$	$h = \frac{\mathrm{a} + X_0}{1 + (\mathrm{b}/X_0)t^{-\mathrm{c}}}$ $X_0 = \frac{1}{2}\left[h_0 - \mathrm{a} - \sqrt{(h_0 - \mathrm{a})^2 + 4\mathrm{b}h_0 t_0{}^{-\mathrm{c}}}\right]$
GCFY3		$h = \frac{\mathrm{a} + X_0}{1 + \mathrm{b}X_0 t^{-\mathrm{c}}}$ $X_0 = \frac{h_0 - \mathrm{a}}{1 - \mathrm{b}h_0 t_0{}^{-\mathrm{c}}}$
GCFY4	King-Prodan $h = \frac{t^{\mathrm{b}_0}}{\mathrm{b}_1 + \mathrm{b}_2 t^{\mathrm{b}_0}}$	$h = \frac{t^{\mathrm{a}}}{\mathrm{b} + \mathrm{c}X_0 + X_0 t^{\mathrm{a}}}$ $X_0 = \frac{\left(\frac{t_0{}^{\mathrm{a}}}{h_0}\right) - \mathrm{b}}{\mathrm{c} + t_0{}^{\mathrm{a}}}$
GCFY5	Schumacher $h = \exp(\mathrm{b}_0 + \mathrm{b}_1 t^{-1})$	$h = \exp(X_0 + (\mathrm{a} + \mathrm{b}X_0)t^{-1})$ $X_0 = \frac{\ln h_0 - \mathrm{a}t_0{}^{-1}}{1 + \mathrm{b}t_0{}^{-1}}$
GCFY6	Bailey-Clutter $h = \exp\left(\mathrm{b}_0 + \mathrm{b}_1 t^{\mathrm{b}_2}\right)$	$h = \exp(\mathrm{a} + X_0 + \mathrm{b}X_0 t^{\mathrm{c}})$ $X_0 = \frac{ln h_0 - \mathrm{a}}{1 + \mathrm{b}t_0{}^{\mathrm{c}}}$
GCFY7	Lundqvist-Korf $h = \mathrm{b}_0 \exp\left(-\mathrm{b}_1 t^{-\mathrm{b}_2}\right)$	$h = \exp(X_0)\exp\left[-\left(\mathrm{b}_1 + \frac{\mathrm{b}_2}{X_0}\right)t^{-\mathrm{b}_3}\right]$ $X_0 = \frac{1}{2}(\mathrm{a}t_0{}^{-\mathrm{c}} + \ln h_0 + L_0)$ $L_0 = \sqrt{(\mathrm{a}t_0{}^{-\mathrm{c}} + \ln h_0)^2 + 4\mathrm{b}t_0{}^{-\mathrm{c}}}$

b_0, b_1 ve b_2: temel büyüme modellerinin parametreleri, a, b, c: GCFY ile elde edilen bonitet endeks modellerinin parametreleri, h ve h_0: boy ve üst boy, t ve t_0: yaş ve standart yaş

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde kullanılan veriler gövde analizinden elde edilmektedir. Bu veriler ardışık zaman dilimlerindeki boy değerlerine sahip oldukları için zaman serisi veri özelliğine sahip olmaktadırlar ve zaman serisi özelliğindeki verilerde istenmeyen bir durum olan hataların birbiri ile ilişkili olması durumu yani "otokorelasyon" problemi söz konusudur. Hataların birbiri ile ilişkili olma durumu ise regresyon analizi varsayımına aykırıdır (Grégoire vd., 1995; Ercanlı vd., 2014). Bu nedenle otokorelasyon probleminin tahminler üzerindeki etkisinin giderilmesi için literatürde sıklıkla karışık etkili modelleme yaklaşımı önerilmektedir. Karışık etkili modelleme yaklaşımı ile birlikte otoregresif (AR(p)) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA(p, q)) vb. hata yapıları modele dahil edilerek istatistiksel ölçütlerde meydana gelen iyileşmeye dayalı olarak AR(1) ya da ARMA

(1,1) hata yapılarından hangisinin kullanılacağına karar verilmiştir (Pinheiro ve Bates, 2000; Fang ve Bailey, 2001; Xu, 2012; Wang vd., 2017; Sharma ve Reid, 2018).

Modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında üst boy ilişkileri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırıldığı için ekorejyonlar rasgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir. Karışık etkili modellerin geliştirilmesinde R programındaki "nlme" paketi kullanılmıştır (Pinheiro ve Bates, 2000; R Core Team, 2021).

Karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerinin temel büyüme kanuniyetlerine uygunluklarını denetleyebilmek üzere modeller aracılığıyla yapılan tahminlere ilişkin yaş-boy ilişkileri incelenmelidir. Bu incelemeyi yapabilmek amacıyla, ilk aşamada uygun bir standart yaş seçilmeli ve bu standart yaş değeri kullanılarak farklı bonitet sınıfları için tahminler yapılmalıdır. Yapılan çalışma kapsamında en uygun standart yaşa karar vermek üzere, farklı standart yaşlar için oransal hata yüzdesi (*RE%*) değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Eşitlik 2.7 kullanılarak *RE%* değerleri hesaplanmıştır.

$$RE\% = 100\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(h_i - \hat{h}_i\right)^2/(n-p)}}{\bar{h}} \tag{2.7}$$

Burada; h_i, $\hat{h}_i$ ve $\bar{h}$ sırasıyla ölçülen, tahmin edilen ve ortalama boy değerlerini; *n* veri sayısını ve *p* modeldeki parametre sayısını ifade etmektedir.

Standart yaşa karar verilmesi aşamasında dikkat edilmesi gereken durumlardan bir diğeri de seçilecek standart yaş değerinin çalışmaya konu ağaç türüne ait idare süresi değerinden büyük olmaması gerekliliğidir (Goelz ve Burk, 1992). En uygun standart yaşa karar verilmesinden sonra, seçilen standart yaştaki en küçük ve en büyük boy değerleri farkı alınarak, oluşturulması planlanan bonitet sınıfı sayısına (bu çalışma için 3 bonitet sınıfı) bölünmüş ve bonitet sınıflarına ilişkin orta değerler ile sınır değerler belirlenmiştir. Böylece, Kastamonu ve Sinop yöresinde yayılış gösteren sarıçam meşcereleri için üç farklı bonitet sınıfı oluşturulmuştur.

2.3.1.2 Kalan (asli) meşcere öğelerinin hesaplanması

Kalan (asli) meşcere aktüel durumda alanda mevcut olan meşceredir (Eler ve Carus 2006). Asli meşcere öğeleri orta çap (d_q), orta boy (h_g), üst boy (h_{100}), meşcere yaşı (T), ağaç sayısı (N), göğüs yüzeyi (G) ve hacimdir (V). Bu çalışmada kalan meşcere öğelerini meşcere yaşı, bonitet endeksi ve meşcere sıklığına bağlı olarak tahmin eden modeller geliştirilmiş ve bu modeller kullanılarak sıklığa bağlı hasılat tablosu düzenlenmiştir. Ekolojik farklılıkların da meşcere hacim ve hacim elemanları üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple sıklığa bağlı hasılat tablolarının daha güvenilir tahminler sunmasına katkıda bulunmak amacıyla meşcere yaşı, meşcere sıklığı ve bonitete ek olarak ekorejyonlar da modellerin geliştirilmesinde dikkate alınmıştır.

Meşcere elemanlarına ilişkin tahminler sunan modeller doğrusal ya da doğrusal olmayan modelleme yaklaşımı ile geliştirilebilir. Ulusal literatüre kazandırılan çalışmalarla düzenlenen gerek normal gerekse sıklığa bağlı hasılat tablolarının doğrusal modelleme yaklaşımları ile meşcere hacim ve hacim elemanlarına ilişkin tahminler sunduğu görülmektedir. Bu nedenle, kalan meşcere hacim ve hacim elemanlarına ilişkin değişimlerin benzer oranlarda değişikliğe sahip olduğu görülebilir. Fakat temel büyüme kanuniyetleriyle uyumlu olarak değişen sıklık ve bonitete sahip meşcereler için farklı büyüme ve artım trendi gözlemlenmesi beklenmektedir. Doğrusal olmayan modellerin daha esnek tahmin yeteneklerine sahip olması modelin etkin tahmin sunmasına da olanak sağlamaktadır (Yavuz vd., 2010).

Yapılan çalışmada, doğrusal olmayan regresyon modelleri geliştirilmiş ve bu modeller vasıtasıyla meşcere yaşı, meşcere sıklığı ve meşcere verim gücüne göre meşcere özelliklerini tahmin eden hasılat tablosu düzenlenmeye çalışılmıştır. Modellerin geliştirilmesi amacıyla literatürde yer alan çeşitli büyüme modelleri seçilerek kullanılmış ve bazı model formları da yeniden düzenlenerek yapılan çalışma kapsamında geliştirilen sıklığa bağlı hasılat tablolarına hizmet edecek şekilde Tablo 2.7'deki forma ulaşmışlardır. Tablo 2.7 incelendiğinde M1, M2, M3 ve M6 modelleri Schumacher (1939) temel büyüme modeli baz alınarak geliştirilmiş

modeller olup, M1 modeli için Borders vd. (2014), M2 modeli için Coble (2009), M3 modeli için Clutter (1963) ve M6 modeli için Allen vd. (2020) tarafından ortaya konulan model formları dikkate alınmıştır. M4 modeli Pienaar vd. (1990) ve M5 modeli Santiago-García vd. (2013) tarafından geliştirilen modeller olup, M7 modeli ise Newnham (1992) modelinin Canadas-Lopez vd. (2018-2019) tarafından önerilen formunda yapılan düzenlemelere dayalı olarak geliştirilen büyüme modelidir. M3, M4 ve M5 modellerinde Seki (2020) tarafından yapılan düzenlemeler kullanılmış olup, M1, M2, M6 ve M7 modellerinde bu tez çalışması kapsamında kullanılmak üzere çeşitli düzenlemeler yapılmış ve toplamda yedi büyüme modeli kullanılarak her bir hacim elamanına (d_q, h_g, N, G ve V) ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Doğrusal olmayan modellere ilişkin parametre tahminlerinde karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Genel olarak çap-boy ve tek ağaç modellerinin geliştirilmesinde sıklıkla kullanılan bu yaklaşım, meşcere modelleri ve dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak meşcere öğelerine ilişkin modeller geliştirilmiş ve ekolojik bakımdan farklılıkların değerlendirilmesine çalışılmıştır.

İlk olarak Tablo 2.7'de yer alan 7 adet doğrusal olmayan büyüme modeli seçilmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak model parametreleri tahmin edilmiştir. Tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bulunan meşcere modellerinin başarıları çeşitli istatistiksel ölçütlere göre rölatif sıralamaya tabi tutularak değerlendirilmiş ve en başarılı doğrusal olmayan modellere karar verilmiştir. İkinci aşamada ise istatistiksel ölçütler ve parametre anlamlılığı bakımından en başarılı bulan meşcere modellerine karışık etkili regresyon analizi uygulanmıştır. Modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında kalan meşcere elamanlarına ilişkin tahminler bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırıldığı için ekorejyonlar rasgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir. Karışık etkili modellerin geliştirilmesinde R programındaki "nlme" paketi kullanılmıştır.

Tablo 2.7 Meşcere modellerinin geliştirilmesinde kullanılan regresyon denklemleri

Model	Model Formu	Kaynak
M1	$Y = \mathrm{a}\, BE^{(\mathrm{b}+\mathrm{c}/T)} SD^{(\mathrm{d}+\mathrm{e}/\ln T)}$	Borders vd. (2014)
M2	$Y = \mathrm{a}\, BE^{(\mathrm{b}+\mathrm{c}/T)} SD^{(\mathrm{d}+\mathrm{e}/\ln T)} \exp(\mathrm{f}/T)$	Coble (2009)
M3	$Y = \mathrm{a}\, BE^{\mathrm{b}} SD^{(\mathrm{c}+\mathrm{d}/T)}$	Clutter (1963)
M4	$\ln Y = \exp(\mathrm{a} + \mathrm{b}/T + \mathrm{c} \ln SD + \mathrm{d} \ln BE)$	Pienaar vd. (1990)
M5	$Y = \exp(\mathrm{a} + \mathrm{b}(BE/SD) T^{\mathrm{c}}\, BE)$	Santiago-García vd. (2013)
M6	$Y = \mathrm{a}\, (SD^2 BE)^{\mathrm{b}}\, T^{\mathrm{c}}$	Allen vd. (2020)
M7	$Y = \mathrm{a} + SD^{\mathrm{b}} BE^{\mathrm{c}} + T^{\mathrm{d}}$	Canadas-Lopez vd. (2019)

a, b, c, d, e ve f: model parametreleri, *Y*: tahmin edilecek meşcere özelliği, *BE*: bonitet endeksi, *SD*: meşcere sıklığı, *T*: meşcere yaşı

Tablo 2.7 incelendiğinde M4 nolu denklemin logaritmik formda olduğu görülmektedir. Baskerville (1972) ve Sprugel (1983) logaritmik tahminlerin aritmetik forma dönüştürülmesinde sistematik bir hatanın ortaya çıktığını ve yapılacak dönüşümlerin tahminin standart hatası kullanılarak hesaplanacak bir düzeltme faktörü (*CF*) ile çarpılması gerektiğini ifade etmişlerdir. *CF* eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$CF = \mathrm{e}^{(SE^2/2)} \tag{2.8}$$

Bu eşitlikte; *CF* düzeltme faktörünü ve *SE* tahminin standart hatasını ifade etmektedir.

2.3.1.3 Ayrılan (ara) meşcere öğelerinin hesaplanması

Meşcere hacim ve hacim elemanları tahmini karmaşık bir durum içermektedir. Bir taraftan meşcere hacmi artıp meşcere elemanlarına ilişkin değerler değişirken bir yandan da herhangi bir sebeple meşcereden ayrılmalar meydana gelir ve meşcere ağaç sayısı ve hacminde azalmalar olur. Meşcere yaşamı süresince bakım kesimleri, doğal kurumalar gibi herhangi bir sebeple meşcereden çıkan kısma ayrılan (ara) meşcere denilmektedir (Eler ve Carus, 2006). Kalan meşcere ile ayrılan meşcereye ilişkin hacimlerin toplanması ile genel verim elde edilmektedir. Bu sebeple genel meşcere hacim tahminlerinde asli meşcere hacmi ile birlikte ayrılan meşcere hacmi de önemli olmaktadır (Kalıpsız, 1963; Kapucu vd., 2002; Eler ve Carus, 2006).

Ayrılan meşcere için yapılacak tahminlerde örnek alanın niteliği önem kazanmaktadır. Ayrılan meşcere için ağaç sayısı, orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim gibi meşcere özelliklerinin tahmini devamlı örnek alanlarda yapılan periyodik çalışmalarla doğrudan tespit edilebilmektedir. Fakat tek ölçüme dayanan geçici örnek alanlarda ayrılan meşcereye ilişkin meşcere özellikleri doğrudan belirlenememekte, sadece tahmin edilebilmektedir (Kalıpsız, 1963; Ercanlı, 2010; Kahriman, 2011).

Yapılan çalışma kapsamında tek ölçüme dayalı geçici örnek alanlardan elde edilen veriler yardımıyla ayrılan meşcere elemanları hesaplanmıştır. Devamlı örnek alanların bulunmaması sebebiyle meşcereden ayrılan hacmin tahmininde asli meşcere orta ağacı ile ayrılan meşcere orta ağacı hacimleri arasındaki ilişkiden yararlanılmıştır. Bu iki orta hacim arasındaki ilişkinin bilinmesi durumunda çıkan ağaç sayısı ile bu hacim değeri kullanılarak ayrılan meşcere hacmi hesaplanabilmektedir. İlk olarak ara meşcereye ilişkin ağaç sayısı aynı sıklık derecesi ve bonitet sınıfında bulunan kalan meşcereye ait ağaç sayılarının ardışık yaş basamaklarındaki farkları alınarak bulunmuştur. Örnek alanlar içerisindeki mağlup durumda bulunan ve dikili kuru ağaçların ayrılan meşcere elamanı olduğu varsayılarak bu elamanlara ait orta çap ve orta boy değerleri hesaplanmıştır. Daha önce ortaya konulan kalan meşcere orta çap ve orta boyu ile ara meşcereye ait olan orta çap ve orta boy değerleri regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiştir. Sıklığa bağlı hasılat tablolarının düzenlenmesi esnasında ara meşcerelere ilişkin orta çap ve orta boy geliştirilen bu regresyon modelleri yardımıyla tahmin edilmiştir. Tahmin edilen orta çap ve orta boy değerleri Şenyurt (2011) tarafından geliştirilen çift girişli hacim denkleminde yerlerine konularak ayrılan meşcere hacimleri hesaplanmıştır. Ayrılan meşcereye ilişkin ağaç sayısı ve hacim değerleri çarpılarak da periyodik olarak ayrılan meşcere hacim değerleri hesaplanmıştır.

2.3.1.4 Hasılat tablosunun diğer öğelerinin hesaplanması

Ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim, orta çap ve orta boy gibi büyüme elemanları kalan meşcereler için, ağaç sayısı ve hacim gibi büyüme elemanları da ayrılan meşcere için hesaplandıktan sonra yıllık cari hacim artımı ve artım yüzdesi, genel hacim verimi ve genel hacim verimi içindeki ara hasılat yüzdesi, kalan meşcerenin ortalama artım

miktarları ve genel ortalama hacim artımı değerleri olmak üzere hasılat tablosunun diğer ögeleri de hesaplanmıştır. Hasılat tablosuna ilişkin bu değerler ilgili sütunlara kaydedilmiştir.

Yıllık Cari Hacim Artımı (*YCHA*):

$$YCHA = \frac{V_s - V_b + V_{pa}}{n} \tag{2.9}$$

Yıllık Cari Hacim Artım Yüzdesi (*YCHAY*):

$$YCHAY = \frac{YCHA}{\frac{V_s+V_b}{2} + \frac{V_{pa}}{2}} x100 = \frac{200x(YCHA)}{V_s + V_b + V_{pa}} \tag{2.10}$$

Genel Hacim Verimi (*GHV*):

$$GHV = V_t + \sum_{j=1}^{k} V_{pa} \tag{2.11}$$

Genel Hacim Verimi İçindeki Ara Hasılat Yüzdesi (*AHY*):

$$AHY = \frac{\sum_{j=1}^{k} V_{pa}}{GHV} x100 \tag{2.12}$$

Kalan Meşcerenin Ortalama Hacim Artımı (*KMOHA*):

$$KMOHA = \frac{V_t}{t} \tag{2.13}$$

Genel Ortalama Hacim Artımı (*GOHA*):

$$GOHA = \frac{GHV}{t} \tag{2.14}$$

Burada; V_b, V_s ve V_t sırasıyla periyot başındaki, periyot sonundaki ve t yaşındaki (*yıl*) kalan meşcere hacimlerini (m^3), V_{pa} periyot süresince ayrılan meşcere hacmini (m^3), n periyot uzunluğunu ve k periyot sayısını ifade etmektedir.

2.3.2 Çap Dağılım Modelleri

Meşcere yapısı, meşcerelerin günümüzdeki aktüel ve gelecekteki tahmini çap dağılımları ile ortaya konulabilmektedir (Gorgoso vd., 2007). Meşceredeki ağaçların çap dağılımları, o meşcerenin yapısı ile ilgili önemli bilgiler ortaya koyan bir meşcere özelliği olarak önemli bir yere sahip olmaktadır (Loetsch vd., 1973; Bailey ve Dell, 1973; Maltamo, 1997; Kahriman ve Yavuz, 2011). Meşcerelere ilişkin çap dağılımları, çeşitli fonksiyonlar ile modellenerek ormanların işletme amacına bağlı olarak planlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir (Kahriman ve Yavuz, 2011). Çap dağılımlarının modellenmesi, üretim amacıyla işletilen ormanlarda elde edilecek ürün çeşitlerinin tahmininde ve ekolojik fonksiyonlu ormanlarda ise ekolojik faktörlerin dikkate alınarak ormanların bu amaca göre planlanmasında kullanılabilmektedir (van Laar ve Akça, 2007; Dal, 2019). Bu nedenle çap dağılım modelleri, planlanmaya ilişkin karar verme sürecinde oldukça değerli bir bilgi kaynağıdırlar.

Meşcerelerin çap sınıflarına dağılımları genel olarak olasılık yoğunluk fonksiyonları (probability density functions) kullanılarak modellenmektedir (Rennolls vd., 1985; Vanclay, 1994; Poudel ve Cao, 2013). Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin parametre değerlerinin belirlenebilmesi için "Parametre Tahmin (Parameter Prediction)" ve "Parametre Çözümleme (Parameter Recovery)" yöntemleri olmak üzere iki yaklaşım kullanılmaktadır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Burkhart ve Tomé, 2012). Çap dağılım modellerinin parametrelerinin doğru tahmin edilmesi, ilgili modelin başarısını artırmaktadır. Parametre Tahmin Yöntemi; (i) Maksimum olabilirlik yöntemi, (ii) Doğrusal regresyon yöntemi ve (iii) Doğrusal olmayan regresyon yöntemi olmak üzere üç alt gruba, Parametre Çözümleme Yöntemi (i) Momentler yöntemi ve (ii) Yüzdeler yöntemi olarak iki alt gruba ayrılmaktadır (Poudel ve Cao, 2013).

Yapılan çalışmada, Johnson SB, iki ve üç parametreli Gamma (Gamma-2p ve Gamma-3p), iki ve üç parametreli Weibull (Weibull-2p ve Weibull-3p) ve Normal dağılım olmak üzere 6 farklı olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak Kastamonu ve Sinop yöresi saf sarıçam meşcereleri için çap dağılımları modellenmeye

çalışılmıştır. Bu fonksiyonlara ilişkin eşitlikler Tablo 2.8'de görülmektedir. Modellere ilişkin parametre tahminleri Maksimum Olabilirlik Yöntemi'ni kullanan Easyfit 5.5 Professional yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Mathwave, 2015).

Örnek alanlarda olasılık yoğunluk fonksiyonları için yapılan parametre tahminlerinin o örnek alana uygunluğunun ve başarısının ortaya konulması için Anderson-Darling (*AD*), Kolmogorov-Smirnov (*KS*), Ki-kare (X^2) ve Hata İndeksi (*e*) istatistikleri kullanılmış olup bu istatistiklerden Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-kare istatistikleri parametre tahmininde kullanılan yazılım ile doğrudan hesaplanabilirken, Hata İndeksi (Reynolds vd., 1988) Eşitlik 2.15 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$e = \sum_{j=1}^{k} |n_t - n| \tag{2.15}$$

Bu eşitlikte; *k*: İlgili örnek alandaki çap basamağı sayısını, *n*: İlgili örnek alanda *j*'inci çap basamağında ölçülen ağaç sayısını (adet), n_t: İlgili örnek alanda *j*'inci çap basamağı için olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen ağaç sayısını (adet) ifade etmektedir.

Tablo 2.8 Çap dağılım modellemesinde kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları

Dağılım	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu	Açıklama
Gamma-2p (Nelson, 1964)	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} e^{\frac{-x}{\beta}}$	α, β : Parametreler $\Gamma(\alpha)$: Gamma fonksiyonu $\alpha > 0, \beta > 0$
Gamma-3p (Lawless, 1982)	$f(x) = \frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} e^{\left(\frac{-(x-\gamma)}{\beta}\right)}$	α, β, γ : Parametreler $\Gamma(\alpha)$: Gamma fonksiyonu $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma \leq x \leq +\infty$
Johnson SB (Johnson, 1949)	$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi}z(1-z)} e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma+\delta ln\left(\frac{z}{z-1}\right)\right)^2\right)}$	$\delta, \lambda, \gamma, \xi$: Parametreler $z = \frac{x-\xi}{\lambda}$ $\xi \leq x \leq \xi + \lambda, \delta > 0, \gamma > 0$
Normal (Bailey, 1980)	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}$	μ, σ: Parametreler
Weibull-2p (Schreuder ve Swank, 1964)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right)}$	α, β : Parametreler $\alpha > 0, \beta > 0$
Weibull-3p (Bailey ve Dell, 1973)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)}$	α, β, γ: Parametreler $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma \leq x \leq +\infty$

Yapılan çalışmada kullanılan altı olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerinin her bir örnek alan için tahmin edilmesinden sonra örnek alanlara ilişkin en başarılı fonksiyonlara karar vermede kullanılan ölçütler için bir sıralama yaparak en başarılı olanın ortaya konulması gerekmektedir. Bu amaçla Poudel ve Cao (2013) tarafından geliştirilen rölatif sıralama yöntemi dikkate alınmıştır. Önerilen bu yöntemde karşılaştırma yapılan ölçüt için modellere 1'den m'e (fonksiyon sayısı) kadar sıra numarası verilmekte ve her bir fonksiyon için bir değer elde edilmektedir. En başarılı fonksiyona ilişkin rölatif değer 1 olurken, en başarısız fonksiyona ilişkin rölatif değer m olmaktadır.

Bu çalışmada altı fonksiyon kullanıldığından, bu yönteme göre fonksiyonlar söz konusu ölçüte göre en başarılıdan en başarısıza doğru 1 ile 6 arasında sıralanmakta, en başarılı modelin rölatif sırası 1 olurken en başarısız modelin de 6 olmaktadır. Tüm olasılık yoğunluk fonksiyonlarının çözümlenemediği örnek alanlarda ise sıralama 1 ile çözüme ulaşan fonksiyon sayısı arasında yapılmaktadır. Diğer modeller de 1 ile 6 arasında değişen rölatif değerler alarak sıralamaya dahil olmaktadırlar. Rölatif sıralamaya ilişkin eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(e_i - e_{min})}{(e_{maks} - e_{min})} \tag{2.16}$$

Bu eşitlikte; R_i: i. fonksiyona ilişkin rölatif sıra, e_i: i. fonksiyona ilişkin istatistiksel ölçüt değeri, e_{min}: fonksiyonlar arasındaki en düşük ei değeri, e_{maks}: fonksiyonlar arasındaki en yüksek ei değeri, m: karşılaştırılan model sayısını ifade etmektedir.

2.3.3 Tek Ağaç Modelleri

Büyüme modelleri arasında en ayrıntılı yaklaşım, tek bir ağacı temel modelleme birimi olarak kullanan tek ağaç modelleri yaklaşımıdır. Gerekli olan minimum girdi, meşceredeki her bir ağacın boyutunu ifade eden bir veri yapısıdır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999). Tek ağaçlara ilişkin çap artım tahminlerine olanak sağlayan tek ağaç çap artım modellerinde bağımlı değişken olarak çap artımı ya da göğüs yüzeyi artımı kullanılabilmektedir (Burkhart ve Tomé, 2012). Ancak yapılan çalışmalarda çoğunlukla çap artımı tercih edilmektedir (Huang ve Titus, 1995).

Yapılan çalışmada tek ağaç boyutları (göğüs çapı ve boy gibi), meşcere özellikleri (yaş, sıklık, bonitet endeksi, göğüs yüzeyi gibi) ve ağaçlara ilişkin rekabet durumları (yarışma endeksleri) gibi değişkenler ile bu değişkenlerden türetilen çeşitli değişkenlerin bir fonksiyonu olarak yıllık ortalama çap artımını tahmin eden uzaklıktan bağımsız tek ağaç modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla son 5 ve son 10 yıllık ortalama çap artım değerleri hesaplanması için arazi çalışmaları ile elde edilen artım kalemleri üzerinde son 5 ve son 10 yıla ait halka kalınlıkları ölçülmüş, ardından bu değerlerin periyot uzunluğuna (ölçüldükleri yıl sayısı: 5 ve 10) bölünmüştür. Modellerde literatürde sıklıkla yer alan beş adet uzaklıktan bağımsız yarışma endeksi kullanılmıştır. İlgili modellerin geliştirilmesinde ilk olarak IBM SPSS 20 (2011) paket programı yardımıyla Aşamalı Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Ardından başarılı bulanan tek ağaç modeline Karışık Etkili Regresyon Analizi uygulanmıştır. Tek ağaç gelişimleri yukarıda bahsedilen bağımsız değişkenler yanında çeşitli ekolojik faktörlere göre de değişim göstermektedir. Söz konusu değişimlerin modellenebilmesi amacıyla tek ağaç modelleri ekolojik tabanlı modeller şeklinde geliştirilmeli ve ekolojik farklılıklar incelenmelidir. Bu sebeple, modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında çap artım ilişkileri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı incelendiğinden ekorejyonlar rasgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir. Karışık etkili tek ağaç modellerinin geliştirilmesinde R programındaki "nlme" paketi kullanılmıştır.

2.3.3.1 Tek ağaca ilişkin büyüme öğelerinin hesaplanması

Beş ve on yıl önceki göğüs çaplarının hesaplanması:

Örnek ağaçlara ilişkin çap artım modellerinin geliştirilmesinde örnek ağaçlara ilişkin 5 ve 10 yıl önceki çap artımlarına ihtiyaç vardır. Bunu hesaplamakta kullanılacak veriler ise ilgili örnek ağaç için bugünkü kabuklu göğüs çapı, çift kabuk kalınlığı ile kabuk faktörü ve artım kalemlerinden elde edilen son 5 ile 10 yıla ait kabuksuz çap artım değerlerinden elde edilmektedir. Bugünkü kabuksuz göğüs çapı değeri; bugünkü kabuklu göğüs çapı (*cm*) değerinden çift kabuk kalınlığının (*cm*) çıkarılması ile hesaplanmaktadır. Kabuk faktörü değeri; bugünkü kabuklu göğüs çapı değerinin bugünkü kabuksuz göğüs çapı değerine oranlanması ile elde edilmektedir. Örnek

ağaca ilişkin 5 veya 10 yıl önceki kabuklu çap değerleri; bugünkü kabuksuz göğüs çapı değerinden son 5 veya son 10 yıllık artım değerlerinin çıkartılması ve bu değerin kabuk faktörü ile çarpılması sonucunda hesaplanmaktadır. Bahsedilen hesaplamalarda kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$d_{k.suz} = d_{k.lu} - ÇKK \tag{2.17}$$

$$kf = d_{k.lu}/d_{k.suz} \tag{2.18}$$

$$d_{5k.suz} = d_{k.suz} - Id_5 \tag{2.19}$$

$$d_{5k.lu} = kf\ d_{5k.suz} \tag{2.20}$$

$$d_{10k.suz} = d_{k.suz} - Id_{10} \tag{2.21}$$

$$d_{10k.lu} = kf\ d_{10k.suz} \tag{2.22}$$

Bu denklemlerde; $d_{k.suz}$, $d_{5k.suz}$ ve $d_{10k.suz}$: sırasıyla bugünki, 5 yıl önceki ve 10 yıl önceki kabuksuz göğüs çapı değerlerini (cm), $d_{k.lu}$, $d_{5k.lu}$ ve $d_{10k.lu}$: sırasıyla bugünki, 5 yıl önceki ve 10 yıl önceki kabuklu göğüs çapı değerlerini (cm), *ÇKK*: bugünki çift kabuk kalınlığını (cm), *kf*: kabuk faktörünü, Id_5 ve Id_{10}: sırasıyla son 5 ve son 10 yıllık kabuksuz çap artım değerlerini (mm) ifade etmektedir.

Yukarıdaki eşitliklerde kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları arasındaki ilişkileri ortaya koymada kullanılan kabuk faktörünün konu ağaca ilişkin dönem sonu ve dönem başı kabuklu göğüs çapı değerlerinin hesaplanmasında değişmediği kabul edilmiştir.

Yarışma endekslerinin hesaplanması:

Rekabet, sınırlı sayıda kaynağın bireyler tarafından paylaşımına bağlı olarak ortaya çıkan ve ilgili bireylerin hayatta kalmasında, büyümesinde ve/veya çoğalmasında bir azalmaya yol açan bireyler arasındaki bir etkileşim olarak tanımlanabilir (Begon vd., 1986). Rekabetin tek ağaçların büyümesi üzerindeki etkisi, artım ve ölüm oranlarını

daha doğru bir şekilde tahmin etmek amacıyla uzun yıllardır araştırılmaktadır (Burkhart ve Tomé, 2012).

Bir alanın ağaçlar tarafından işgal edilme derecesi ve bu ağaçlar arasında ortaya çıkan rekabet düzeyi, bir meşcerenin ve meşcere içerisindeki ağaçların artım ve büyümesini etkileyen temel faktörlerdendir (Curtis, 1970). Ağaçlar ışık, su, bitki besin elementleri ve mevcudiyetlerini sürdürdükleri alan da dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklar için rekabet ederler (Ford ve Sorrensen, 1992). Ağaçlar büyüdükçe, çevrelerini ve ayrıca komşularının da büyüme yeteneklerini etkilerler. Dolayısıyla, bireyler arasındaki rekabet hem mekansal hem de zamansal olarak oldukça dinamik bir yapıya sahiptir (Weiskittel vd., 2011). Her ağacın komşularından ne kadar etkilendiğini ifade eden rekabetin sayısal değeri Yarışma Endeksi (Competition Index) olarak adlandırılmakta ve çeşitli matematiksel eşitlikler ile hesaplanmaktadır (Yavuz, 1997; Burkhart ve Tomé, 2012).

Yarışma endeksleri komşu ağaçların konu ağaca olan uzaklıklarını dikkate alıp almama durumuna göre iki gruba ayrılmaktadır. Komşu ağaçlara olan uzaklıkları dikkate alan yarışma endeksleri "uzaklığa bağlı (distance-dependent veya position-dependent)" ve bu uzaklıkları dikkate almayan yarışma endeksleri ise "uzaklıktan bağımsız (distance-independent veya position-independent)" yarışma endeksleri olarak adlandırılmaktadır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Pretzsch, 2009; Weiskittel vd., 2011; Burkhart ve Tomé, 2012). Uzaklığa bağlı yarışma endeksleri konu ağaç ve konu ağacın rekabet ettiği komşu ağaçların boyutlarını ve komşu ağaçlara olan uzaklıklarını dikkate alarak hesaplanırken, uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri konu ağacın boyutları ile konu ağacın yer aldığı meşcerenin özelliklerini dikkate alarak hesaplanmaktadır (Yavuz, 1997; Mısır, 2003).

Yapılan çalışma kapsamında tek ağaç büyüme modellerinin geliştirilmesinde ülkemizde çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılan uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri kullanılmıştır (Yavuz, 1997; Mısır, 2003; Ercanlı, 2010; Kahriman, 2011; Özdemir, 2011; Seki, 2020). Çalışma kapsamında hesaplanan beş adet uzaklıktan bağımsız yarışma endeksine ilişkin denklem yapıları aşağıda verilmiştir:

1. Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_1 = \frac{d_i}{d_q} \tag{2.23}$$

2. Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_2 = \frac{d_i}{d_{max}} \tag{2.24}$$

3. Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin ortalama göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_3 = \frac{g_i}{\overline{g}} \tag{2.25}$$

4. Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_4 = \frac{g_i}{g_{max}} \tag{2.26}$$

5. Konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyleri toplamını yarışma endeksi olarak kabul eden yaklaşım:

$$YE_5 = BAL_i = \sum_{1}^{n} g_j g_j > g_i \tag{2.27}$$

Bu denklemlerde; *YE*: yarışma endeksini, d_i: konu ağacın göğüs çapını, d_q: meşcereye ilişkin göğüs yüzeyi orta ağacının çapını, d_{max}: meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs çapını, g_i: konu ağacın göğüs yüzeyini, $\overline{g}$: meşcerenin ortalama göğüs yüzeyini, g_{max}: meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs yüzeyini ve g_j: konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeylerini ifade etmektedir.

Rekabetin ortaya konulması amacıyla yukarıda açıklanan yarışma endeksleri incelendiğinde, YE_1-YE_4 nolu yarışma endekslerine ilişkin değerin artması durumunda ilgili ağacın meşcere içerisinde komşu ağaçlardan gördüğü baskının azaldığı yani rekabet konusunda baskın duruma geçtiği anlaşılmaktadır. YE_5 nolu yarışma endeksine (*BAL*) ilişkin sayısal değerin artması durumunda ise konu ağacın meşcerede gördüğü baskının arttığı anlaşılmaktadır.

2.3.3.2 Tek ağaç büyüme modelinin denetimi

Yapılan çalışma kapsamında tek ağaç çap artım modellerinin geliştirilmesinde karışık etkili regresyon analizinden yararlanılmıştır. Tek ağaç büyüme modelinin geliştirilmesi ve geliştirilen modelin test edilmesinde, Mısır (2003), Ercanlı (2010), Kahriman (2011) ve Seki (2020) tarafından da kullanılan yöntem uygulanmıştır. Bahsedilen yöntemde, periyot başındaki çap değerinden faydalanılarak ileriki 5 ve 10 yılda meydana gelebilecek yıllık ortalama çap artım miktarı tahmin edilmiştir. Tek ağaç çap artım modelinin test edilmesinde, geliştirilen model aracılığıyla tahmin edilen ve ölçülen artım değerlerinin karşılaştırılması sağlanmıştır. Yapılan çalışma ile geliştirilen tek ağaç büyüme modellerinin çalışmanın yapıldığı alan için uygunluğunun test edilmesi modelleme aşamasında kullanılmayan bağımsız bir veri grubu ile yapılmalıdır. Bu amaçla tek ağaç modellerinin geliştirilmesi ve geliştirilen modellerin uygunluğunun test edilmesi amacıyla tüm veriler (2318 adet) rastgele bir şekilde model geliştirme (%75 ≅ 1736 adet) ve kontrol (%25 ≅ 582 adet) verileri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme grubuna ait veriler kullanılarak geliştirilen tek ağaç modeli ile kontrol veri grubu için yapılan tahmini ve aynı zamanda ölçülen yıllık ortalama çap artım değerleri "Student'in Eşleştirilmiş t-testi" kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan ölçülen ve tahmin edilen çap artım değerleri arasında %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması durumunda modelin çalışma alanı için uygun olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

2.3.4 Ekolojik tabanlı büyüme modelleri ve ekorejyon farklılıklarının test edilmesi

Büyüme modellerinin başarıları ekolojik farklılıkların dikkate alınmasıyla artmaktadır. Bu sebeple ekolojik tabanlı modellerin geliştirilmesi amaçlanmış olup, bu modellerin sunduğu tahminler bakımından ekorejyonlar arasında farklılık olup olmadığının belirlenmesinde "Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı Testi", diğer adıyla F-testi kullanılmıştır. Bu testin uygulanması aşamasında "tam (full)" ve "indirgenmiş (reduced)" model yapılarına ihtiyaç vardır. Farklılıkları araştırılan tüm ekorejyonlar için aynı parametre değerlerini kullanan model yapısı "indirgenmiş model", her bir ekorejyon için farklı parametre değerlerini kullanan model yapısı da "tam model" olarak isimlendirilmektedir (Pillsbury vd., 1995). Tam model yapıları genellikle kukla değişkenler (dummy variables) kullanılarak ortaya konulmaktadır. Fakat bu çalışmada farklı bir yol izlenmiş olup tam model yapılarının ortaya konulmasında karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Söz konusu yaklaşım literatürde oldukça yer bulan, modellemeye konu topluma ve bireye özgü parametre tahminleri sunan ve ormancılıkta elde edilen verilerin yapısı gereği ihtiva ettiği otokorelasyon problemine çözüm sunan bir teknik olması sebebiyle öne çıkmaktadır (Calama ve Montero, 2004; Ercanlı vd., 2012; Ercanlı, 2015). Ekolojik farklılıkların ortaya konulabilmesi amacıyla karışık etkili modelleme yaklaşımında ekorejyonlar modellere "subject" olarak tanıtılmıştır. Modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip parametreler "nlmeStruct" ve "random.effects" fonksiyonları yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arasındaki farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir (Pinheiro ve Bates, 2000; Mehtätalo, 2013). Modellerde sabit etkili parametreler 3 bölge için de aynı değerleri almaktadır.

Büyüme modellerine ilişkin tahminlerin ekorejyonlar arasındaki farklılıklarının test edilmesinde kullanılan doğrusal olmayan ekstra kareler toplamına ilişkin test istatistiği aşağıdaki gibidir (Pillsbury vd., 1995; Neter vd., 1996):

$$F = \frac{(HKT_{\text{İ}} - HKT_T)/(DF_{\text{İ}} - DF_T)}{(HKT_T/DF_T)} \quad (2.28)$$

Denklemde $HKT_{\text{İ}}$ ve HKT_T sırasıyla indirgenmiş çap-boy modelleri ile tam çap-boy modellerine ilişkin hata kareler toplamını, $DF_{\text{İ}}$ ve DF_T ise sırasıyla indirgenmiş çap-boy modelleri ile tam çap-boy modellerine ilişkin serbestlik derecelerini ifade etmektedir.

Ekolojik farklılıkları ortaya koymada F değerinin yorumlanabilmesi için F-dağılımı temel alınmıştır. Genel olarak p değeri 0,05'ten küçük olduğu durumlarda karşılaştırmaya konu ekorejyonlar için ilgili model tahminlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Pillsbury vd., 1995). Sonuç olarak ekorejyonlar arasında model tahminleri bakımından farklılıklar olması durumunda indirgenmiş modeller yerine her bir ekorejyon için farklı parametre değerlerine sahip olan tam model yapıları kullanılmalıdır.

2.3.5 Büyüme modellerinin istatistiksel ölçütler bakımından değerlendirilmesi

Herhangi bir model gerçekliğin basitleştirilmiş halidir ve her anlamda kesin ve doğru bilgi sunması beklenemez. Bu nedenle, her model değerlendirilmeli ve eksik yönleri tespit edilmelidir. Bilimsel olarak sağlam bir temel gerektiren modeller belli bir güven düzeyinde tahminler üretmelidir (Stage, 2003; Burkhart ve Tomé, 2012). Bir modelin değerlendirilmesi bu modelin doğru veya yanlış olarak kabul edilmesiyle sonuçlanamaz. Bunun yerine, modelin kullanım alanındaki yeterliliğini değerlendirmek önemlidir (Burkhart ve Tomé, 2012).

Model değerlendirme, kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) olarak gruplandırılan birkaç adımdan oluşmakla birlikte etkin bir değerlendirme için bu adımların birlikte incelenmesi önemli olmaktadır. Nitel değerlendirme, model yapısı ve biyolojik gerçekçiliğe ilişkin değerlendirmeyi kapsarken; nicel değerlendirme, genellikle model ile gerçek tahminler arasındaki farklılıkların büyüklüğünün istatistiksel değerlendirmesini içeren, modele tahminlerinin bağımsız gözlemlerden elde edilen

verilerle karşılaştırılmasına ilişkin değerlendirmeyi kapsamaktadır (Burkhart ve Tomé, 2012).

Yapılan çalışmada büyüme modellerinin başarılarının karşılaştırılması nitel ve nicel değerlendirmelere göre yapılmıştır. İlk olarak modellerin parametre tahminleri yapılmış ve bu modellere ilişkin belirtme katsayısı (R^2) ve çeşitli hata istatistikleri (*OMH, HKOK*, *AIC* ve *BIC*) hesaplanmıştır. Daha sonra anlamlı parametrelere sahip ve başarı ölçütleri bakımından başarılı bulunan modellerle bağımlı değişkenlere ilişkin tahminler yapılmıştır. Ardından hata-tahmin grafikleri çizilerek, hatalara ilişkin dağılımlar incelenmiştir. Grafiksel gösterimler ile sapma miktarları ve varsa sistematik hatalar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu değerlendirmelerle birlikte geliştirilen modeller kullanılarak yapılan tahminler büyüme kanuniyetlerine uygunlukları bakımından da incelenmiştir. Modellerin değerlendirilmesi genel olarak beş farklı istatistiksel ölçüte dayanarak yapılmış olup, bu eşitlikler aşağıda verilmiştir:

Belirtme Katsayısı:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} \tag{2.29}$$

Hata Kareler Ortalamasının Karekökü:

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \tag{2.30}$$

Ortalama Mutlak Hata:

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^{n}|\hat{y}_i - y_i|}{n} \tag{2.31}$$

Akaike Bilgi Kriteri:

$$AIC = n\ln(HKOK) + 2p \tag{2.32}$$

Bayesian Bilgi Kriteri:

$$BIC = n \ln(HKOK) + p\, ln(n) \tag{2.33}$$

Burada; y_i, $\hat{y}_i$, $\bar{y}_i$ sırasıyla bağımlı değişkene ait ölçülen, tahmin edilen ve ortalama değerleri, *n* gözlem sayısını ve *p* denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Yukarıdaki eşitliklerde verilen başarı ölçütlerinden en yüksek düzeltilmiş belirtme katsayısı (R^2) ve en düşük hata değerlerine (*OMH*, *HKOK*, *AIC* ve *BIC*) sahip olan modeller belirlenmeye çalışılmış olup seçim aşamasından sonra grafik yöntem kullanılarak hata dağılımları ve büyüme kanuniyetlerine uygunlukları denetlenmiştir. En başarılı modele karar verilmesinde ise Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen rölatif sıralama kullanılmıştır. Her bir istatistik ölçüte göre modellere başarı sıra numarası verilerek rölatif sıralamaları hesaplanmış ve bu değerler toplanarak ilgili model için genel rölatif sıra numarası belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Meşcere Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

3.1.1 Çap-Boy Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada ekolojik tabanlı çap-boy denklemlerinin geliştirilmesine ilişkin yapılan çalışmalar kapsamında ilk olarak literatürde sıklıkla yer alan ve çap-boy ilişkilerini başarılı bir şekilde modelleyen 10 adet genelleştirilmiş çap-boy denklemi seçilmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak model parametreleri tahmin edilmiştir. Tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bulunan çap-boy modellerinin başarıları Belirtme Katsayısı (R^2), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (*HKOK*), Ortalama Mutlak Hata (*OMH*) ve Akaike Bilgi Kriteri (*AIC*) istatistiksel ölçütlerine göre rölatif sıralamaya tabi tutularak değerlendirilmiş ve en başarılı doğrusal olmayan genelleştirilmiş çap-boy modeli seçilmiştir (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 incelendiğinde parametrelerinin anlamlılığı ve çeşitli istatistiksel ölçütlere göre yapılan rölatif sıralama neticesinde, DH5, DH6 ve DH9 denklemleri istatistiksel olarak anlamsız parametre değerlerine sahip oldukları için rölatif sıralamaya katılmamışlardır. Tablolar incelendiğinde veri setini en başarılı şekilde modelleyen denklemin rölatif sıralaması 1,00 olan DH10 denkleminin (Sharma ve Parton (2007) tarafından modifiye edilen Richards (1959) denklemi) olduğu görülmektedir. Seçilen denkleme ilişkin R^2 değeri 0,950 iken, *HKOK*=1,227; *OMH*=0,913 ve *AIC*=6854,870 değerlerini almıştır. En başarılı ikinci denklem rölatif sıralaması 1,01 olan DH4 (Kurumland ve Wensel, 1988) denklemidir. Denklemlere ilişkin rölatif sıralamalar büyük ölçüde birbirlerine yakın değerler almakta olup, istisnai olarak DH8 (Sharma ve Zhang, 2004) denkleminin ise 7,00 değeri ile en başarısız denklem olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1 Çap-boy modellerine ilişkin parametre tahmin değerleri ve istatistiksel ölçütler

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart Hata	p
DH1	0,944	1,308	0,980	7113,751	a	0,0884	0,0016	0,000
DH2	0,948	1,249	0,924	6921,772	a	0,2102	0,0059	0,000
DH3	0,949	1,247	0,924	6917,292	a	0,0160	0,0055	0,003
					b	3,9462	0,3750	0,000
DH4	0,950	1,233	0,908	6870,715	a	-4,9179	1,4245	0,001
					b	-1,3907	0,1588	0,000
					c	0,0258	0,0028	0,000
DH5	0,948	1,259	0,931	6958,286	a	1,0721	0,0616	0,000
					b	0,8603	0,6326	$0,174^{ns}$
					c	0,2234	0,0842	0,008
DH6	0,949	1,238	0,913	6886,58	a	-0,3510	0,5656	$0,535^{ns}$
					b	-0,3390	0,0503	0,000
					c	0,0266	0,0297	$0,369^{ns}$
DH7	0,949	1,243	0,923	6904,633	a	0,6789	0,2000	0,001
					b	1,0258	0,0115	0,000
					c	-0,0324	0,0068	0,000
					d	3,8370	0,2370	0,000
DH8	0,683	3,098	2,499	10754,870	a	8,8112	0,9842	0,000
					b	0,2915	0,0267	0,000
					c	0,0690	0,0101	0,000
					d	-0,3065	0,0575	0,000
DH9	0,948	1,249	0,931	6925,459	a	0,2137	0,1607	$0,184^{ns}$
					b	-0,004	0,0021	$0,055^{ns}$
					c	0,9827	0,0063	0,000
					d	-3,0546	1,1792	0,000
DH10	0,950	1,227	0,913	6854,870	a	0,9313	0,0401	0,000
					b	1,0242	0,0100	0,000
					c	0,0190	0,0067	0,004
					d	0,2520	0,0230	0,000
					e	0,3159	0,0761	0,000

^{ns} p>0,05

Tablo 3.2 Çap-boy modellerinin istatistiksel ölçütlere göre rölatif sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
DH1	1,13	1,26	1,27	1,40	5,06	1,26
DH2	1,04	1,07	1,06	1,10	4,28	1,07
DH3	1,02	1,06	1,06	1,10	4,24	1,06
DH4	1,00	1,02	1,00	1,02	4,04	1,01
DH7	1,02	1,05	1,06	1,08	4,21	1,05
DH8	7,00	7,00	7,00	7,00	28,00	7,00
DH10	1,00	1,00	1,02	1,00	4,02	1,00

Tüm parametreleri anlamlı ve en başarılı ölçütlere sahip olan DH10 denklemi karışık etkili çap-boy modelinin geliştirilebilmesi amacıyla seçilmiştir. Bu bağlamda karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak DH10 modeline ilişkin sabit ve tesadüfi etkili parametre (TEP) seçeneklerine karar verilmesinde çeşitli alternatifler test edilmiş ve en uygun kombinasyonun seçilmesinde literatürde sıklıkla yer bulan Akaike Bilgi Kriteri (*AIC*) ve Bayesian Bilgi Kriteri (*BIC*) ölçütleri kullanılmıştır (Tablo 3.3). Modellerin geliştirilmesinde ekorejyonlar arasında çap-boy ilişkileri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırıldığı için ekorejyonlar rasgele etki (subject) olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.3 DH10 modeline ilişkin tesadüfi etkili parametre seçeneklerinin rölatif sıralamaları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	6850,153	6889,724	3,26	1,42	4,68	2,36
b	6850,104	6889,675	3,21	1,41	4,62	2,33
c	6848,438	6888,009	1,49	1,09	2,58	1,29
d	6847,965	6887,536	1,00	1,00	2,00	1,00
e	6850,624	6890,195	3,75	1,51	5,26	2,65
a, b	6854,155	6905,032	7,40	4,38	11,77	5,95
a, d	6851,970	6902,847	5,14	3,95	9,09	4,59
b, d	6851,947	6902,824	5,11	3,95	9,06	4,58
c, d	6852,438	6903,315	5,62	4,04	9,67	4,88
a, b, c	6859,578	6927,414	13,00	8,69	21,69	10,97
a, b, d	6851,272	6919,108	4,42	7,09	11,51	5,81
a, c, d	6858,957	6926,793	12,36	8,57	20,93	10,59
a, b, c, d	6859,288	6949,737	12,70	13,00	25,70	13,00

Sabit ve tesadüfi etkili parametre kombinasyonlarına karar vermek amacıyla a, b, c, d ve e parametrelerine ilişkin tüm kombinasyonlar denenmiş, çözüme ulaşan ve istatistiksel olarak anlamlı parametre tahmin değerlerine sahip olan kombinasyonlar rölatif sıralamaya tabi tutulmuştur. Bu bağlamda Tablo 3.3 incelendiğinde, istatistiksel olarak tüm parametreleri anlamlı ve çözüme ulaşan 13 tesadüfi etkili parametre kombinasyonu değerlendirilmiştir. İki farklı istatistiksel ölçüte göre yapılan değerlendirmeler sonucunda "d" parametresinin tesadüfi etkili parametre olarak seçilmesinin diğer kombinasyonlara üstünlük sağladığı görülmektedir. "c" ve "b" tesadüfi etkili parametre seçenekleri ise ikinci ve üçüncü sıraları almışlardır. Sonuç olarak DH10 modelinin karışık etkili model yapısı aşağıdaki şekli almaktadır (Eşitlik 3.1):

$$h = 1{,}3 + (\mathrm{a}\ {h_{100}}^{\mathrm{b}}) \left(1 - exp\left(-\mathrm{c}\left(\frac{N}{G}\right)^{\mathrm{d}+\mathrm{u}_1} d_{1,30}\right)\right)^{\mathrm{e}} \quad (3.1)$$

Burada; h ağacın toplam boyunu, $d_{1,30}$ göğüs yüksekliği çapını, h_{100} üst boyu, G meşcerenin hektardaki göğüs yüzeyini, N hektardaki ağaç sayısını, a, b, c, d, e modelin sabit parametrelerini ve u_1 modelin tesadüfi etkili parametresini ifade etmektedir. Karışık etkili modele ilişkin parametre tahminleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Karışık etkili çap-boy modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	0,9544	0,951	6847,965	6887,536
b	1,0173			
c	0,0191			
d	0,2369			
e	0,3133			
$\sigma^2_{u_1}$	0,0158			
σ^2	1,2230			

Kastamonu ve Sinop yöresi saf sarıçam meşcereleri için çap-boy ilişkileri bakımından ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığının araştırılması amacıyla en başarılı tesadüfi etkiye sahip "d" parametresi "nlmeStruct" ve "random.effects" fonksiyonları yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek, ekorejyonlar arası farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda "d" parametresi Ekorejyon 1 için 0,2163 (0,2369-0,0206), Ekorejyon 2 için 0,2494 (0,2369+0,0125) ve Ekorejyon 3 için 0,2450 (0,2369+0,0081) değerlerini almıştır. Diğer parametreler 3 ekorejyon için de aynı değerleri almaktadır (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Ekorejyonlar için karışık etkili çap-boy modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	0,9544	0,9544	0,9544	0,9544
b	1,0173	1,0173	1,0173	1,0173
c	0,0191	0,0191	0,0191	0,0191
d	0,2369	0,2163	0,2494	0,2450
e	0,3133	0,3133	0,3133	0,3133

Karışık etkili çap-boy modelleri geliştirilip üç ekorejyon için "d" parametreleri tahmin edildikten sonra, ekorejyonlar arsındaki farklılıklarının test edilmesi amacıyla hesaplanan F değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.6 incelendiğinde Ekorejyon 1 çap-boy ilişkileri bakımından diğer bölgelerden istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,01$), Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Bu sonuçlara göre ekorejyonlar arasında genel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu gözlemlenmiş olup, bu sebeple her bir ekorejyon için farklı tahmin değerlerine sahip karışık etkili çap-boy modelinin kullanılması uygun görülmektedir.

Tablo 3.6 Çap-boy denklemlerine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
DH10	1-2-3	3174,251	2102	3147,767	2100	2107	8,834	<0,001
	1-2	1379,655	977	1355,349	976	982	17,503	<0,001
	1-3	2587,888	1608	2563,555	1607	1613	15,253	<0,001
	2-3	2380,960	1614	2376,630	1613	1619	2,939	0,087^{ns}

^{ns} $p>0,05$

Sonuçlara göre DH10 modeline ilişkin ekolojik tabanlı model formları aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Ekorejyon 1 için;

$$h = 1,3 + (0,9544\, {h_{100}}^{1,0173}) \left(1 - \exp\left(-0,0191 \left(\frac{N}{G}\right)^{0,2163} dbh\right)\right)^{0,3133} \quad (3.2)$$

Ekorejyon 2 için;

$$h = 1,3 + (0,9544\, {h_{100}}^{1,0173}) \left(1 - \exp\left(-0,0191 \left(\frac{N}{G}\right)^{0,2494} dbh\right)\right)^{0,3133} \quad (3.3)$$

Ekorejyon 3 için;

$$h = 1,3 + (0,9544\, {h_{100}}^{1,0173}) \left(1 - \exp\left(-0,0191 \left(\frac{N}{G}\right)^{0,2450} dbh\right)\right)^{0,3133} \quad (3.4)$$

Model kontrolü için ayrılan bağımsız veri grubundaki ağaçların boy tahminlerini yapmak üzere ekolojik farklılıkları ortaya koymak amacıyla geliştirilen karışık etkili çap-boy modeli kullanılmıştır. Bağımsız veri grubundaki ağaçların gerçek boy

değerleri ile tahmin edilen boy değerleri "Student'in Eşleştirilmiş t-testi" yardımıyla karşılaştırılmış ve yapılan test sonucunda ölçülen ve tahmin edilen boy değerlerinin istatistiksel olarak farksız oldukları ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

İstatistiksel testler, ekorejyonlar arasında çap-boy ilişkilerinde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir (Tablo 3.6). Bu ekorejyonlarda bir çap-boy modelinin yanlış uygulanması tahmin yanlılığına neden olabilir (Pillsbury vd., 1995; Huang vd., 2000a; Peng vd., 2004). Sonuçları değerlendirmek için, belirli bir ekorejyon için kontrol veri grubundaki ağaç boyları genel çap-boy modeli ve 3 bölge için ekolojik tabanlı karışık etkili çap-boy modeli yardımıyla hesaplanmış ve hata yüzdeleri belirlenmiştir (Tablo 3.7). Hata yüzdelerinin hesaplanması amacıyla kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Eşitlik 3.5):

$$hata\% = \frac{ortalama\ hata}{ilgili\ ekorejyonda\ \text{ölçülen}\ ağaç\ boylar\ ortalaması} 100 \qquad (3.5)$$

Tablo 3.7 Çap-boy denklemlerine ilişkin hesaplanan hata miktarları

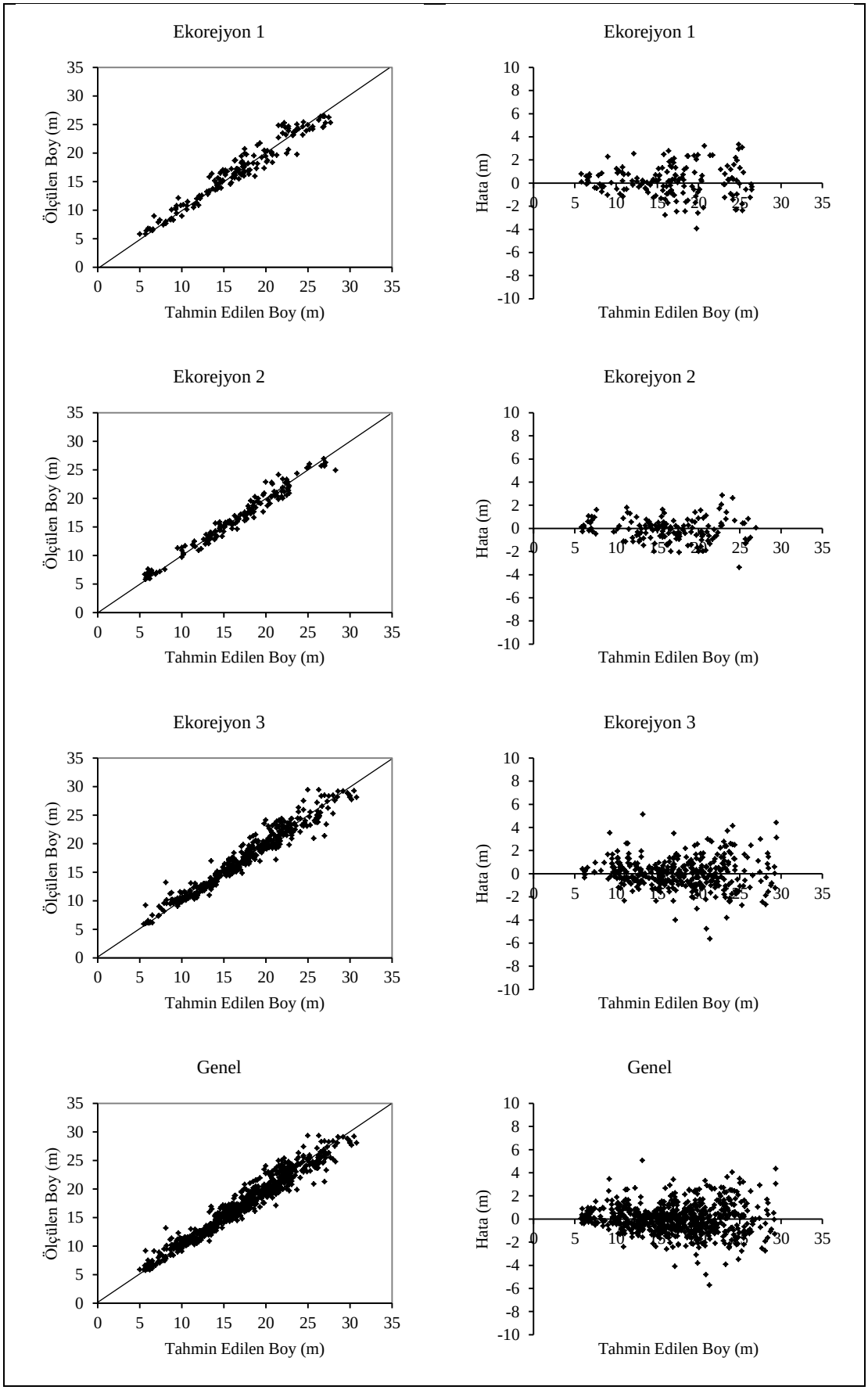
Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen boylar ortalaması (m)	Tahmini boylar ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	167	16,5	16,8	-0,31	-1,85
E1				16,7	-0,14	-0,86
E2				16,9	-0,38	-2,29
E3				16,9	-0,35	-2,10
İndirgenmiş	E2	158	16,5	16,3	0,19	1,16
E1				16,2	0,38	2,28
E2				16,4	0,12	0,72
E3				16,4	0,15	0,92
İndirgenmiş	E3	399	17,5	17,4	0,10	0,57
E1				17,3	0,21	1,18
E2				17,6	-0,10	-0,57
E3				17,6	-0,08	-0,46

Tablo 3.7 incelendiğinde, indirgenmiş model yapıları kullanılarak yapılan boy tahminlerinde hata yüzdeleri (mutlak değer olarak) Ekorejyon 1 için %1,85; Ekorejyon 2 için %1,16 ve Ekorejyon 3 için %0,57 olarak hesaplanmıştır. İndirgenmiş model Ekorejyon 1 için fazla tahminde bulurken Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için eksik tahminde bulunmuştur. Tahmin hataları bakımından en düşük değerler Ekorejyon 3'te görülmüştür.

Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için geliştirilen modellerin ilgili ekorejyonda kullanılması durumunda mutlak hata yüzdesi değerleri sırasıyla %0,86; %0,72 ve %0,46 değerlerini almışlardır. Yapılan tahminlere ilişkin hata yüzde değerleri Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 için negatif değerler iken Ekorejyon 2 için pozitiftir.

Her bir ekorejyon için geliştirilmiş olan denklemlerin farklı ekorejyonlarda kullanılması durumunda hata miktarlarının arttığı görülebilmektedir. Ekorejyon 1'de yer alan ağaçlara ilişkin boy tahminleri diğer ekorejyonlara ilişkin modeller kullanılarak tahmin edilmiş ve mutlak hata yüzdelerinin Ekorejyon 2'ye ait denklemin kullanılması durumunda %2,29 ve Ekorejyon 3'e ait denklemin kullanılması durumunda ise %2,10'luk bir hataya sebep olduğu görülmektedir. Ekorejyon 2'de yer alan ağaçlara ilişkin boy tahminleri diğer ekorejyonlara ilişkin modeller kullanılarak tahmin edilmiş ve mutlak hata yüzdelerinin Ekorejyon 1'e ait denklemin kullanılması durumunda %2,28 ve Ekorejyon 3'e ait denklemin kullanılması durumunda ise %0,92'lik bir hataya sebep olduğu görülmektedir. Ekorejyon 3'de yer alan ağaçlara ilişkin boy tahminleri diğer ekorejyonlara ilişkin modeller kullanılarak tahmin edilmiş ve mutlak hata yüzdelerinin Ekorejyon 1'e ait denklemin kullanılması durumunda %1,18 ve Ekorejyon 2'ye ait denklemin kullanılması durumunda ise %0,57'lik bir hataya sebep olduğu görülmektedir (Tablo 3.7).

Geliştirilen çap-boy modeline ilişkin tahmin ve hata değerleri Şekil 3.1'de incelenmiştir. Tahmin grafiklerinin oluşturulmasında Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla Eşitlik 3.2, Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4 kullanılarak hesaplanan tahmini boy değerleri ile ölçülen boy değerleri kullanılmıştır. Hata grafikleri ise Eşitlik 3.2, Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4 kullanılarak elde edilen tahmini boy değerleri ve hata miktarları kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma alanının geneline ilişkin grafikler ekorejyonlar için yapılan tahminlerin toplam değerlerine dayanarak çizilmiştir.



Şekil 3.1. Çap-boy modelinin tahmin ve hata grafikleri

Şekil 3.1 incelendiğinde, çap-boy modeli ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin rastgele bir dağılım gösterdiği ve herhangi bir trende sahip olmadığı görülmektedir. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Ölçülen boy değerleri ile DH10 modeli ile tahmin edilen boy değerlerinin birbirlerine yakın olduğu anlaşılmaktadır. Bu değerlendirmeler neticesinde regresyon analizi ile ilgili varsayımlardan hataların rastgele bir dağılım göstermesi ve herhangi bir trende sahip olmaması durumu ile uyumlu olmakta ve modelin başarısı bakımından da önemli bir kriter olmaktadır.

Ülkemizde çap-boy modelleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde genelleştirilmiş çap-boy modellerine ilişkin çalışmalar; Sönmez (2009), Mısır (2010), Ercanlı vd. (2012), Özçelik vd. (2013), Özçelik vd. (2014a), Özçelik ve Çapar (2014), Ercanlı (2015), Çatal ve Carus (2018), Özçelik vd. (2018), Ercanlı (2019), Ercanlı ve Eyüboğlu (2019), Ercanlı (2020a, 2020b), Bolat (2021) ve Seki ve Sakıcı (2021) şeklindedir. Bu çalışmalardan Seki ve Sakıcı (2021) tarafından yapılan çalışmada ekolojik farklılıklar incelenmiş ve boy tahminleri bakımından ekorejyonlar arasında bu tez çalışması kapsamında da ortaya konulan farklılıklar tespit edilmiştir. Ekolojik farklılıkların araştırıldığı diğer bir çalışma olan Özçelik vd. (2014a) tarafından yapılan çalışmada ise temel çap-boy denklemleri kullanılmış ve yapılan değerlendirmeler ile boy tahminlerine ilişkin ekorejyonlar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Ercanlı vd. (2012), Özçelik vd. (2013), Ercanlı (2015), Özçelik vd. (2018), Ercanlı ve Eyüboğlu (2019) ve Ercanlı (2020a ve 2020b) tarafından yapılan çalışmalarda karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak çap-boy ilişkileri modellenmiş ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bu tez çalışması kapsamında da ekorejyonlar arasında boy tahmini bakımından farklılıkların olup olmadığının test edilmesi ve çap-boy ilişkilerinin modellenmesinde karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış olup başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

3.1.2 Yetişme Ortamı Verim Gücü Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amacıyla literatürde sıklıkla yer alan yedi modele ilişkin parametre değerleri karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak tahmin edilmiştir. Karışık etkili modelleme yaklaşımında tesadüfi etkili parametrelere karar vermek üzere model parametrelerine ilişkin çeşitli kombinasyonlar denenmiştir. Çözüme ulaşan ve bütün parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bulunan modeller arasından en başarılı tahmini sunan tesadüfi etkili parametre kombinasyonuna karar vermek üzere *AIC* ve *BIC* değerlendirilmiştir.

Modellerden ilk beş tanesi için çözüm sağlanmış ve TEP kombinasyonları değerlendirilmiş olup son iki modelde (GCFY6 ve GCFY7) ise bazı kombinasyonlar çözüme ulaşmamış bazılarında ise anlamsız parametre değerine sahip kombinasyonlar bulunmuştur. Bu bağlamda GCFY1 ve GCFY5 için 3, GCFY2, GCFY3 ve GCFY4 için ise 7 farklı tesadüfi etkili parametre kombinasyonu değerlendirilmiştir GCFY1, GCFY4 ve GCFY5 için 3 kombinasyon, GCFY2 ve GCFY3 için ise 6 kombinasyon çözüme ulaşmıştır.

Modellere ilişkin çözüme ulaşan TEP kombinasyonları Tablo 3.8'de verilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde; en başarılı tesadüfi etkili parametre olarak GCFY1 ve GCFY2 için "b" parametresi, GCFY3 ve GCFY5 için "a" parametresi ve GCFY4 için "c" parametresi en başarılı sonuçları vermiştir.

Tablo 3.8 Bonitet endeks modellerine ilişkin tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

Model	TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
				AIC	BIC		
GCFY1	a	5523,245	5544,891	3,00	2,08	5,08	3,00
	b	5520,360	5542,006	2,31	1,00	3,31	1,00
	a, b	5514,902	5547,372	1,00	3,00	4,00	1,78
GCFY2	a	5392,268	5419,326	1,01	1,01	2,02	1,01
	b	5391,841	5418,899	1,00	1,00	2,00	1,00
	c	5568,439	5595,497	6,00	6,00	12,00	6,00
	a, b	5394,626	5432,507	1,08	1,39	2,46	1,23
	a, c	5394,504	5432,385	1,08	1,38	2,46	1,23
	a, b, c	5399,734	5453,849	1,22	1,99	3,21	1,61
GCFY3	a	5369,412	5396,470	1,00	1,00	2,00	1,00
	b	5375,015	5402,073	1,14	1,14	2,28	1,14
	c	5570,874	5597,932	6,00	6,00	12,00	6,00
	a, b	5373,412	5411,293	1,10	1,37	2,47	1,23
	a, c	5373,099	5410,979	1,09	1,36	2,45	1,23
	b, c	5376,145	5414,026	1,17	1,44	2,60	1,30
GCFY4	a	5563,279	5590,337	3,00	3,00	6,00	3,00
	b	5372,174	5399,232	1,03	1,03	2,06	1,03
	c	5369,397	5396,455	1,00	1,00	2,00	1,00
GCFY5	a	6624,847	6646,494	2,13	1,00	3,13	1,00
	b	6626,806	6648,452	3,00	1,47	4,47	3,00
	a, b	6622,316	6654,785	1,00	3,00	4,00	2,30

Beş modele ilişkin olarak en başarılı tesadüfi etkili parametre seçeneklerine karar verilmesinden sonra en başarılı bonitet endeks modeline karar vermek üzere modeller değerlendirilmiştir (Tablo 3.9). Tablo 3.9 incelendiğinde genel olarak modellerin başarılı sonuçlar verdiği ve birbirlerine yakın rölatif sıralamaya sahip oldukları görülürken GCFY5 modelinin ise en yüksek sıralama değeri ile en başarısız model olduğu görülmektedir. İstatistiksel başarı ölçütlerine göre yapılan değerlendirmeler neticesinde GCFY3 ve GCFY4 modellerinin eşit sıralamaya sahip oldukları görülse de gerek *AIC* gerekse *BIC* değerleri incelendiğinde, GCFY4 modeline ilişkin istatiksel başarı ölçütlerinin nispeten daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu sebeple GCFY4 modeli en başarılı model olarak seçilmiştir.

Tablo 3.9 Bonitet endeks modelleri için başarı sıralamaları

Model	TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
				AIC	BIC		
GCFY1	b	5520,360	5542,006	1,48	1,47	2,95	1,47
GCFY2	b	5391,841	5418,899	1,07	1,07	2,14	1,07
GCFY3	a	5369,412	5396,470	1,00	1,00	2,00	1,00
GCFY4	c	5369,397	5396,455	1,00	1,00	2,00	1,00
GCFY5	a	6624,847	6646,494	5,00	5,00	10,00	5,00

Bonitet endeks modellerinin geliştirilebilmesi amacıyla kullanılan gövde analizi verileri ardışık zaman dilimlerine ait boy değerlerini ihtiva ettikleri için "otokorelasyon" problemine sahip olabilmektedirler. Bu nedenle otokorelasyon probleminin tahminler üzerindeki etkisinin giderilmesi için karışık etkili modelleme yaklaşımı önerilmektedir. Bu yaklaşım ile birlikte çeşitli hata yapıları modele dahil edilerek model tahmini üzerindeki otokorelasyonun etkisi giderilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla otoregresif (AR(1)) ve hareketli ortalama (ARMA(1, 1)) hata yapıları modele dahil edilerek istatistiksel ölçütlerde meydana gelen iyileşmeye dayalı olarak modele dahil edilecek hata yapısına karar verilmiştir. Bu amaçla en başarılı sıralamaya sahip olan "c" parametresi tesadüfi etkiye sahip GCFY4 modeli (GCFY4c), bu modele AR(1) hata yapısının eklenmesiyle test edilen GCFY4c.ar modeli ve yine GCFY4c modeline ARMA(1,1) hata yapısının eklenmesiyle test edilen GCFY4c.arma modeli başarı ölçütleri bakımından değerlendirilmiştir. Modellere ilişkin istatistiksel başarı ölçütleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 Bonitet endeks modellerine ilişkin hata yapıları ve başarı sıralamaları

Model	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
GCFY4c.arma	4931,052	4968,933	1,00	1,01	2,01	1,00
GCFY4c.ar	4934,136	4966,605	1,02	1,00	2,02	1,00
GCFY4c	5369,397	5396,455	3,00	3,00	6,00	3,00

Tablo 3.10 incelendiğinde karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerine hata yapılarının eklenmesiyle istatistiksel başarı ölçütlerinde önemli artış gözlenmiş ve ilgili hata yapılarının modellerde yer alması gerektiği görülmüştür. Otokorelasyon problemi ile başa çıkılmasında literatürde oldukça yer bulan karışık etkili modelleme yanında hata yapılarının da modele dahil edilmesiyle model tahmin yetenekleri artmaktadır. Tablo incelendiğinde AR ve ARMA hata yapılarına sahip modeller eşit

sıralama değerlerine sahip olsalar da GCFY4c.arma modelinin GCFY4c.ar ve GCFY4c modellerine üstünlük sağladığı görülmektedir. Bu sebeple karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli olarak GCFY4c.arma modelinin seçilmesi uygun bulunmuştur. Başarılı modele ilişkin karışık etkili model yapısı Eşitlik 3.6'da, parametre tahmin değerleri başarı ölçütleri ve her bir ekorejyon için parametre tahminleri sırasıyla Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'de verilmiştir.

$$h = \frac{t^a}{b + (c + u_1)\,X_0 + X_0 t^a} \qquad X_0 = \frac{\left(\frac{{t_0}^a}{h_0}\right) - b}{(c + u_1) + {t_0}^a} \tag{3.6}$$

Tablo 3.11 GCFY4c.arma modeline ilişkin parametre tahmin ve başarı ölçüt değerleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	1,3368	0,977	4931,052	4968,933
b	-25,9291			
c	1658,4054			
$\sigma^2_{u_1}$	310,3310			
σ^2	1,2167			

Tablo 3.12 GCFY4c.arma ve indirgenmiş model için ekorejyonlara ait parametre değerleri

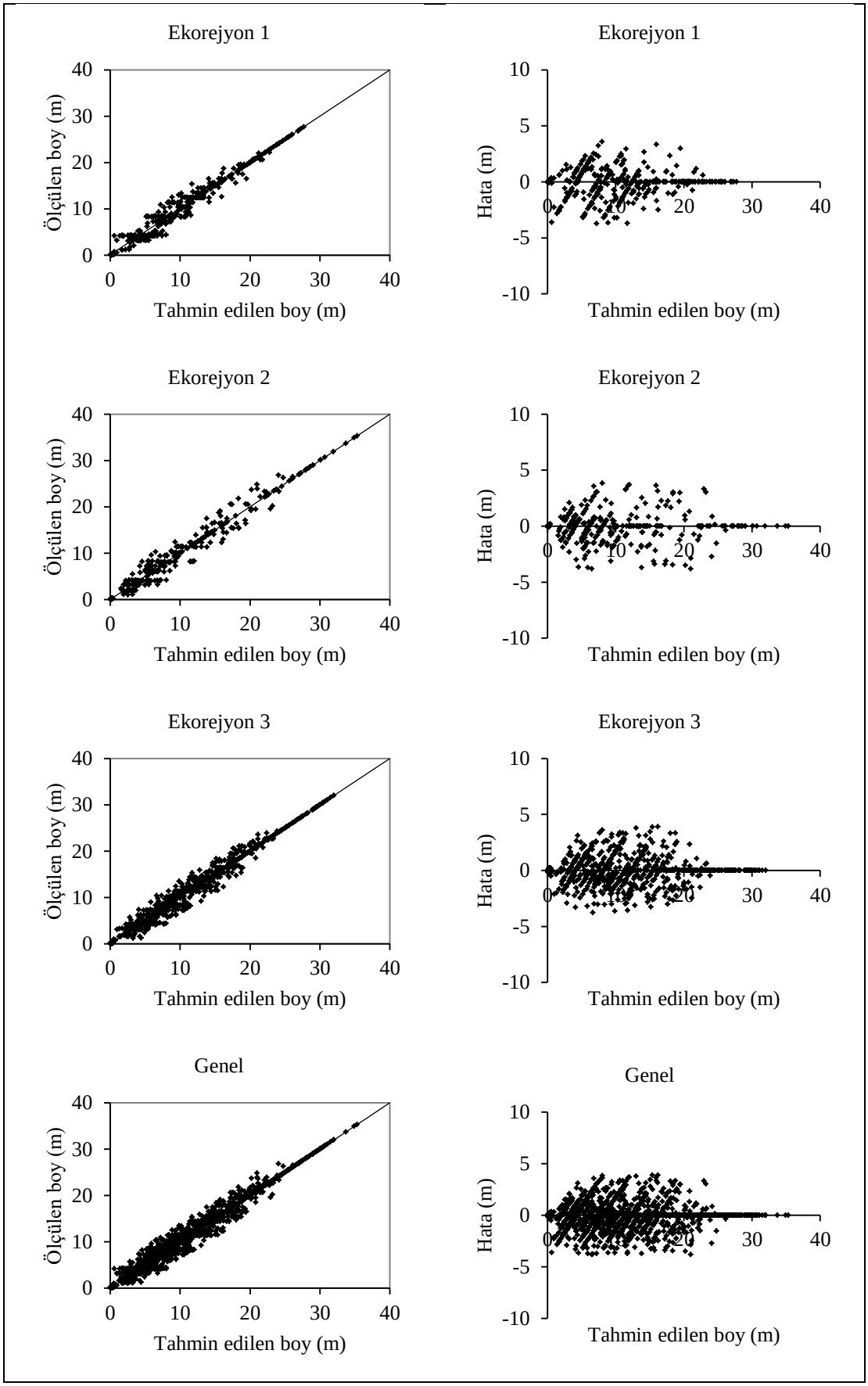
Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3	İndirgenmiş
a	1,3368	1,3368	1,3368	1,3368	1,2237
b	-25,9291	-25,9291	-25,9291	-25,9291	-11,6073
c	1658,4054	1307,9770	2057,6080	1609,6310	956,6950

Ekolojik tabanlı modellerin başarılarının ve ekolojik tabanlı modelleme yaklaşımına olan ihtiyacın olup olmama durumunun ortaya konulması amacıyla hesaplanan F-değerleri Tablo 3.13'te verilmiştir. Bu amaçla indirgenmiş model ve "c" parametresi tesadüfi etkiye sahip olan GCFY4c.arma modeline ilişkin ekorejyonlar arası farklılıklar test edilmiş ve Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerinde tüm ekorejyonların üst boy gelişimlerinin birbirleri ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuştur ($p<0,05$). Bu sebeple ekolojik tabanlı ve karışık etkili dinamik bonitet endeks modelinin kullanılması tahmin bakımından üstünlük sağlamıştır.

Tablo 3.13 GCFY4c.arma modeline ilişkin F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
GCFY4c.arma	1-2-3	2858,643	1652	2445,149	1648	1655	69,673	<0,001
	1-2	1585,205	796	1222,164	793	799	78,520	<0,001
	1-3	2048,313	1289	1813,274	1286	1292	55,564	<0,001
	2-3	2083,769	1216	1854,860	1213	1219	49,899	<0,001

Geliştirilen karışık etkili dinamik bonitet endeks modeline (GCFY4c.arma) ilişkin tahmin ve hata değerleri Şekil 3.2'de incelenmiştir. Şekilde verilen tahmin grafiklerinin oluşturulmasında her bir ekorejyona ait farklı parametre setine sahip GCFY4c.arma modeli ile tahmin edilen ve ölçülen boy değerleri kullanılmıştır. Hata grafiklerinin oluşturulmasında ise her bir ekorejyon için GCFY4c.arma modeli ile tahmin edilen boy değerleri ile hata değerleri kullanılmıştır. Her bir ekorejyona ait tahmin edilen boy değerleri, ölçülen boy değerleri ve hata değerlerinin birleşimi ile de çalışma alanının geneline ilişkin grafikler oluşturulmuştur.

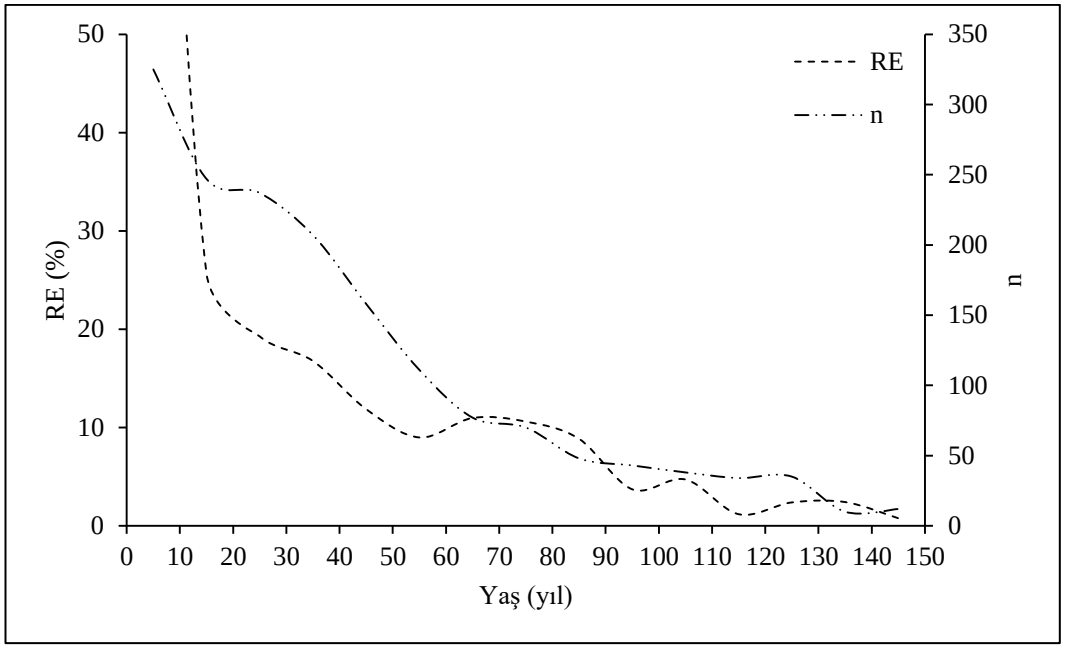


Şekil 3.2 Karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerine ilişkin tahmin ve hata grafikleri

Şekil 3.2 incelendiğinde, GCFY4c.arma modeli ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin rastgele bir dağılım gösterdiği ve herhangi bir trende sahip olmadığı görülmektedir. Bu durum regresyon analizi varsayımlarından hataların herhangi bir trende sahip olmaması durumu bakımından önemli olmakla birlikte modelin başarı ve uygunluğu için de önemli bir kriter olmaktadır.

GCFY4c.arma modeli ile yapılan tahminlere ilişkin dikkat çeken önemli bir husus, modelin geliştirilmesinde kullanılan yaş-boy verilerinden doğrudan ağaç yaşı ve ağaç boyu olarak modele giren verilere karşılık gelen tahminlerin neredeyse hatasız olmasıdır (Şekil 3.2). Bu durum Ercanlı vd. (2014), Duan vd. (2018), Ercanlı (2020b) ve Dantas vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da görülmektedir. Duan vd. (2018), Ercanlı (2020b) ve Dantas vd. (2020), bu tez çalışması kapsamında kullanılan karışık etkili modelleme yaklaşımını kullanmışlardır. Literatürde de karşılaşılan bu durum karışık etkili model yapısıyla açıklanabilir.

Standart yaşa karar vermek üzere farklı yaşlara ilişkin nispi (oransal) hata değerlerini dikkate alarak Şekil 3.3 çizilmiştir. Şekil 3.3 incelendiğinde en düşük oransal hata değerlerinin 95 ila 120 yaş arasında yer aldığı görülmektedir. Dieguez-Aranda vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ifade edildiği üzere ilgili meşcerelere uygulanacak silvikültürel müdahale seçeneklerine karar vermede fayda sağlamak üzere standart yaşın konu ağaç türünün idare süresinden büyük olmaması gerekmektedir. Bu sebeple en düşük oransal hataların olduğu yaş aralığı da dikkate alınarak standart yaşın 100 olarak belirlenmesi uygun olmaktadır.



Şekil 3.3 Farklı standart yaşlara ilişkin oransal hata yüzdeleri

Standart yaşa karar verildikten sonra karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli (GCFY4c.arma) kullanılarak bonitet endeks tablolarının hazırlanması ve modelin çeşitli büyüme kanuniyetlerine uygunluğunun test edilmesi amacıyla bonitet sınıflarına ilişkin ayrım yapılmıştır. Bu amaçla standart yaştaki maksimum ve minimum boy değerleri belirlenerek 7 m genişliğinde 3 bonitet sınıfına ayrılması kararlaştırılmıştır. Bonitet sınıflarına ilişkin sınıf sınır değerleri ile sınıf orta değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir.

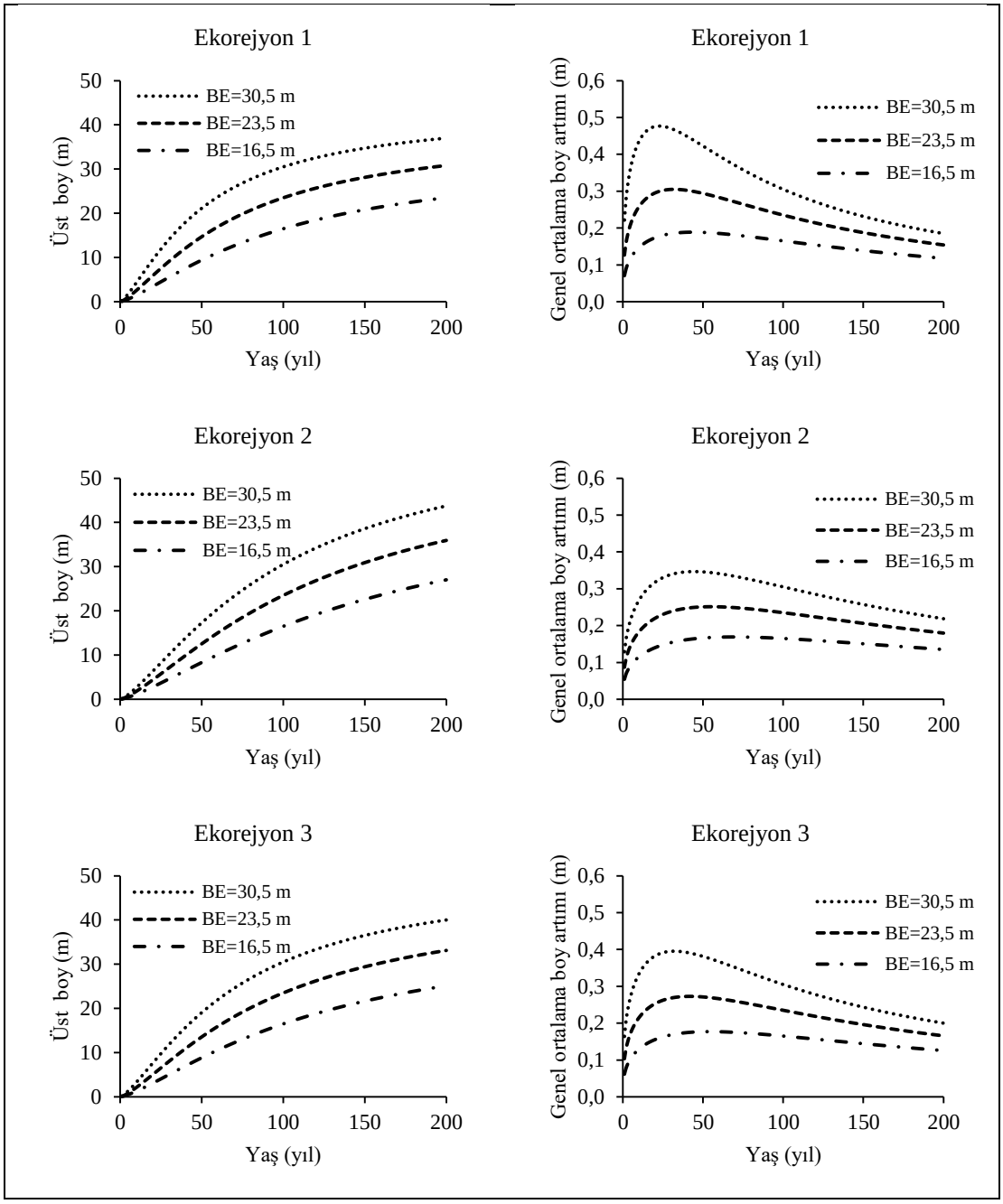
Tablo 3.14 Sarıçam için bonitet sınıfları sınır ve orta değerleri

Bonitet Sınıfları	Orta Değer (m)	Alt-Üst Sınır Değerleri (m)
I	30,5	27,01-34,00
II	23,5	20,01-27,00
III	16,5	13,01-20,00

Bonitet sınıflarına ilişkin sınır ve orta değerler belirlendikten sonra gerek istatistiksel başarı ölçütleri bakımından en başarılı sonuçları veren gerekse hata dağılımları bakımından uygun bulunan karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli GCFY4c.arma'nın büyüme kanuniyetlerine uygunluklarını incelemek üzere grafiksel değerlendirmeler yapılmıştır. F-istatistiksel değerlerinin incelenmesi sonucu

ekorejyonlar arasında üst boy tahminleri bakımından farklılıklar olması sebebiyle söz konusu grafiksel değerlendirmeler her bir ekorejyon için ayrı ayrı yapılmıştır.

Ekorejyon tabanlı forma sahip ve karışık etkili bonitet endeks modellerine ilişkin büyüme kanuniyetlerine uygunluk denetimi grafiklerinin çizilmesinde standart yaş değeri (100 yıl) ile her bir bonitet sınıfının orta değerine karşılık gelen bonitet endeks değerleri (16,5; 23,5 ve 30,5 m) modeller aracılığıyla bonitet endeks eğrilerinin çizilmesinde kullanılmıştır. Bonitet endeks eğrilerinin değişimi yanında genel ortalama boy artımlarında meydana gelen değişimin de ortaya konulması için her bir bonitet sınıfının orta değerlerine karşılık gelen bonitet endeks değerleri dikkate alınarak 200 yıllık değişimi üç ekorejyon için ayrı ayrı olmak üzere grafiksel olarak incelenmiştir. Şekil 3.4'te bonitet endeks eğrilerinin ve genel boy artım eğrilerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 3.4 Ekorejyonlar için bonitet endeksleri ile genel ortalama boy artımlarının değişimi

GCFY4c.arma modelinin yaşa ve ekorejyonlara göre değişimi, verim gücüne bağlı olarak yaş-boy ilişkilerinde eğrilerin S biçimli olması, verim gücüne göre değişen (polimorfizm), çoklu asimptot ve genel ortalama boy artımlarının maksimuma ulaşma yaşlarının bonitet iyileştikçe azalması gibi bilinen büyüme yasalarına uyumluluğu denetlenmiştir. Bu bağlamda Şekil 3.4 incelendiğinde, her bir ekorejyon için GCFY4c.arma modeline ilişkin bonitet endeks eğrilerinin "S biçiminde bir trend göstermesi", "polimorfizm" ve "çoklu asimptot" gibi biyolojik olarak tatmin edici

sonuçlara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, GCFY4c.arma modelinin tüm ekorejyonlar için "yetişme ortamı verim gücü iyileşmesine bağlı olarak genel ortalama boy artımının maksimum değerinin artması ve bu maksimum değere ulaşma yaşının azalması" kanuniyetini de sağladığı görülmektedir.

GCFY4c.arma modeline bağlı olarak farklı bonitet endeks eğrilerine ilişkin genel ortalama boy artım miktarları detaylı olarak incelendiğinde;

- Ekorejyon 1 için;
BE=16,5 m için 43 yaşında 0,189 m,
BE=23,5 m için 32 yaşında 0,305 m,
BE=30,5 m için 23 yaşında 0,477 m maksimum boy artımı,

- Ekorejyon 2 için;
BE=16,5 m için 69 yaşında 0,169 m,
BE=23,5 m için 55 yaşında 0,251 m,
BE=30,5 m için 44 yaşında 0,347 m maksimum boy artımı,

- Ekorejyon 3 için;
BE=16,5 m için 54 yaşında 0,177 m,
BE=23,5 m için 42 yaşında 0,273 m,
BE=30,5 m için 32 yaşında 0,395 m maksimum boy artımı değerleri görülmüştür.

Yukarıda ifade edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere bonitetin iyileşmesine bağlı olarak maksimum boy artım değerleri artarken, bu boy artım değerine ulaşma süresi ise azalmıştır. Ekorejyonlar açısından maksimum boy artım değerleri incelendiğinde ise Ekorejyon 1 için maksimum boya ulaşma süresi diğer ekorejyonlardan daha erken bir yaşta ve en yüksek maksimum boy artım değerinde olmuştur. İkinci sırayı Ekorejyon 3 alırken, Ekorejyon 2 en yüksek yaşta ve en düşük değerde maksimum boy artışına ulaşmıştır. Maksimum boy artım değerlerine ulaşma süreleri bakımından ekorejyonların sıralaması düşükten yükseğe doğru Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 şeklindedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen ekolojik tabanlı ve karışık etkili bonitet endeks modellerinin başarılarının ve uygunluklarının denetlenmesi yukarıda açıklanan üç aşamada (istatistiksel başarı, hata dağılımı ve büyüme kanuniyetlerine uygunluk) gerçekleştirilmiştir. GCFY4c.arma yani King-Prodan modeli bütün ekorejyonlar için biyolojik olarak gerçekçi tahminler sunmuştur. Her bir ekorejyon için karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak geliştirilen model formları aşağıda verilmiştir (Eşitlik 3.7, Eşitlik 3.8 ve Eşitlik 3.9). İlgili modeller kullanılarak her bir ekorejyona özgü tahmin elde edilecek ve ekorejyonları dikkate almadan yapılacak tahminlerin sebep olduğu olumsuzluklar giderilebilecektir. Bunun yanında, ekolojik farklılıkları yansıtan karışık etkili model kullanılarak her bir ekorejyon için bonitet endeks tabloları oluşturulmuş ve EK-A'da verilmiştir.

Ekorejyon 1 için;

$$h = \frac{t^{1,3368}}{-25,9291 + 1307,9770\, X_0 + X_0 t^{1,3368}}$$

$$X_0 = \frac{\left(\frac{{t_0}^{1,3368}}{h_0}\right) - (-25,9291)}{1307,9770 + {t_0}^{1,3368}} \quad (3.7)$$

Ekorejyon 2 için;

$$h = \frac{t^{1,3368}}{-25,9291 + 2057,6080\, X_0 + X_0 t^{1,3368}}$$

$$X_0 = \frac{\left(\frac{{t_0}^{1,3368}}{h_0}\right) - (-25,9291)}{2057,6080 + {t_0}^{1,3368}} \quad (3.8)$$

Ekorejyon 3 için;

$$h = \frac{t^{1,3368}}{-25,9291 + 1609,6310\, X_0 + X_0 t^{1,3368}}$$

$$X_0 = \frac{\left(\frac{{t_0}^{1,3368}}{h_0}\right) - (-25,9291)}{1609,6310 + {t_0}^{1,3368}} \quad (3.9)$$

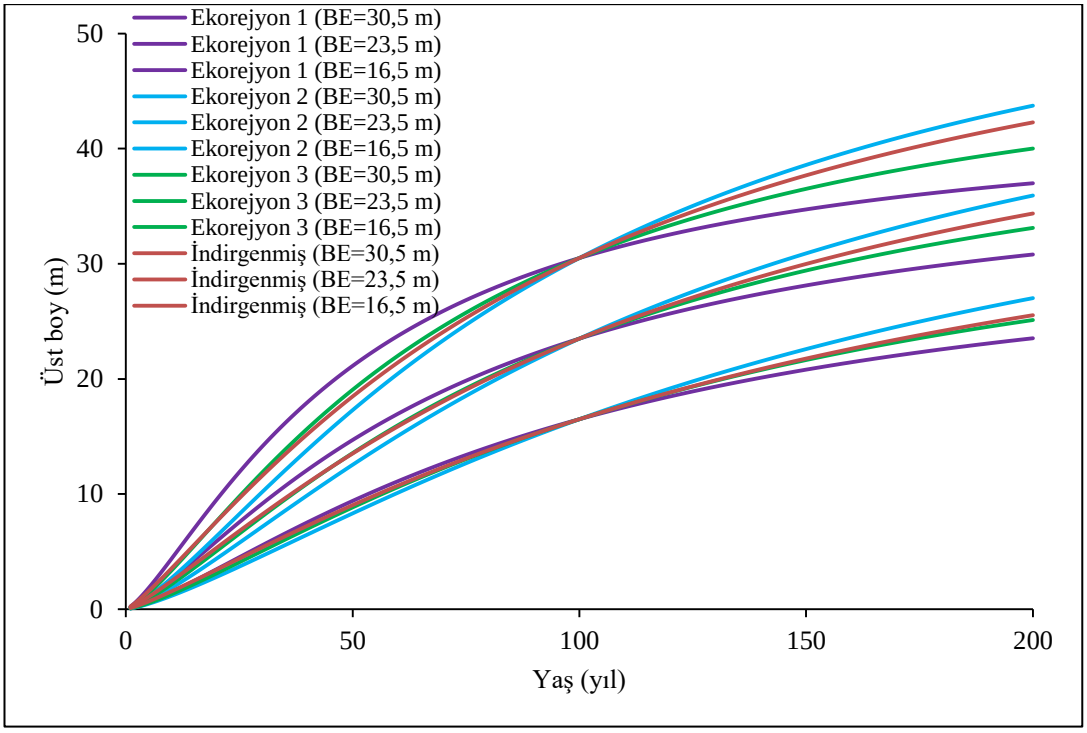
Çalışma kapsamında dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amacıyla karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış olup, ekorejyonlar arası farklılıkları yansıtmak ve bu farklılıklara duyarlı modeller geliştirmek amacıyla ekorejyonlar modellerde "subject" olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, her bir ekorejyon için "c" parametresi tesadüfi etkiye sahip olmuş ve ekorejyonlar için farklı parametre değerleri almıştır. "nlmeStruct" ve random.effects" fonksiyonları kullanılarak tahmin edilen "c" parametresi tesadüfi etkili dinamik modeller her ekorejyon için ayrı tahminler sunmaktadır. Bahsi geçen üst boy gelişimindeki farklılıkların incelenebilmesi amacıyla GCFY4c.arma modeli kullanılarak her bir ekorejyon için 200 yıllık boy gelişimleri grafiksel olarak incelenmiştir (Şekil 3.5). Grafiklerde, ekolojik farklılıkları dikkate almadan tahminler sunan indirgenmiş modele ilişkin tahminlere de yer verilmiştir.

Şekil 3.5 incelendiğinde, üst boy tahmini bakımından ekorejyonlar arasında genel olarak farklılıkların olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklıkların I. bonitet için rekabetin daha güçlü olmasına bağlı olarak daha belirgin olduğu görülmektedir. Standart yaş öncesinde ve sonrasında farklıklar belirgin olup standart yaştan sonra daha da fazla farklılık gözlenmiştir. II. bonitet için ekorejyonlar arası boy tahmini bakımından farklılıklar değerlendirildiğinde iyi bonitete göre daha az farklılık görülmüştür. Bu farklılıklar standart yaşa kadar nispeten daha az iken standart yaştan sonra daha belirgin olmuştur. III. bonitet için ekorejyonlar arası boy gelişim farklılıklarının diğer bonitetlere göre daha az olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar standart yaşa kadar daha az iken standart yaştan itibaren belirginleşmiştir.

Ekorejyon 1 için yapılan üst boy tahminlerinin standart yaşa kadarki dönem için diğer ekorejyonlardan fazla olduğu görülürken standart yaştan sonra üst boy gelişiminin diğer ekorejyonlardan az olduğu görülmektedir. Ekorejyon 2'ye ilişkin üst boy tahminlerinin standart yaşa kadar diğer ekorejyonlardan düşük bir seyir izlediği görülürken standart yaştan sonra diğer ekorejyonlara göre daha yüksek seyir göstermiştir. Ekorejyon 3'e ilişkin üst boy tahminleri ise iki ekorejyon arasında bir eğilim göstermiştir. Kısaca özetlemek gerekirse, çalışma alanı sarıçam meşcereleri için üst boy tahmini bakımından standart yaşa kadar yüksekten düşüğe doğru Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 olarak sıralanmaktadır. Standart yaştan

sonraki üst boy gelişimleri ise Ekorejyon 2, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 1 şeklinde sıralanmaktadır.

Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için ekolojik farklılıkları dikkate almadan tahmin sunan indirgenmiş model kullanılarak yapılan tahminler incelendiğinde tüm bonitetlerde standart yaşa kadar Ekorejyon 3'e ilişkin üst boy gelişimleri ile paralel bir gelişim gösterdiği görülmektedir. Standart yaştan sonra indirgenmiş modele ilişkin üst boy tahminleri III. bonitette yine Ekorejyon 3 ile paralel bir gelişim seyrederken I. ve II. bonitetlerde ise Ekorejyon 3'e yakın olmakla birlikte Ekorejyon 3'ten yüksek gelişim göstermiştir. Standart yaşa kadar tüm bonitetler için Ekorejyon 3'te indirgenmiş model kullanılarak yapılan tahminler Ekorejyon 3 için geliştirilen model ile oldukça yakın tahminler sunabilmekte iken Ekorejyon 1 için düşük üst boy tahmini, Ekorejyon 2 için ise yüksek üst boy tahmini sunmaktadır. Standart yaştan sonraki dönemde ise tam tersi bir seyir gözlenmiş olup, indirgenmiş model Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 için yüksek üst boy tahmini sunarken Ekorejyon 2 için düşük üst boy tahmini sunmuştur.



Şekil 3.5 Ekorejyonlar arasında bonitet endeks eğrilerinin değişimi

İstatistiksel değerlendirmeler ve grafiksel incelemeler sonucunda ekorejyonlar arasında üst boy tahminleri bakımından anlamlı farklılıkların olduğu ortaya konulmuş olup her bir ekorejyon için farklı "c" parametresine sahip ekolojik tabanlı ve karışık etkili dinamik bonitet endeks modelleri kullanılarak her ekorejyona ait model veri seti aracılığıyla tahminler yapılmış ve hata ortalamaları ile hata yüzde değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

Tablo 3.15 Bonitet endeks modellerine ilişkin hesaplanan hata miktarları

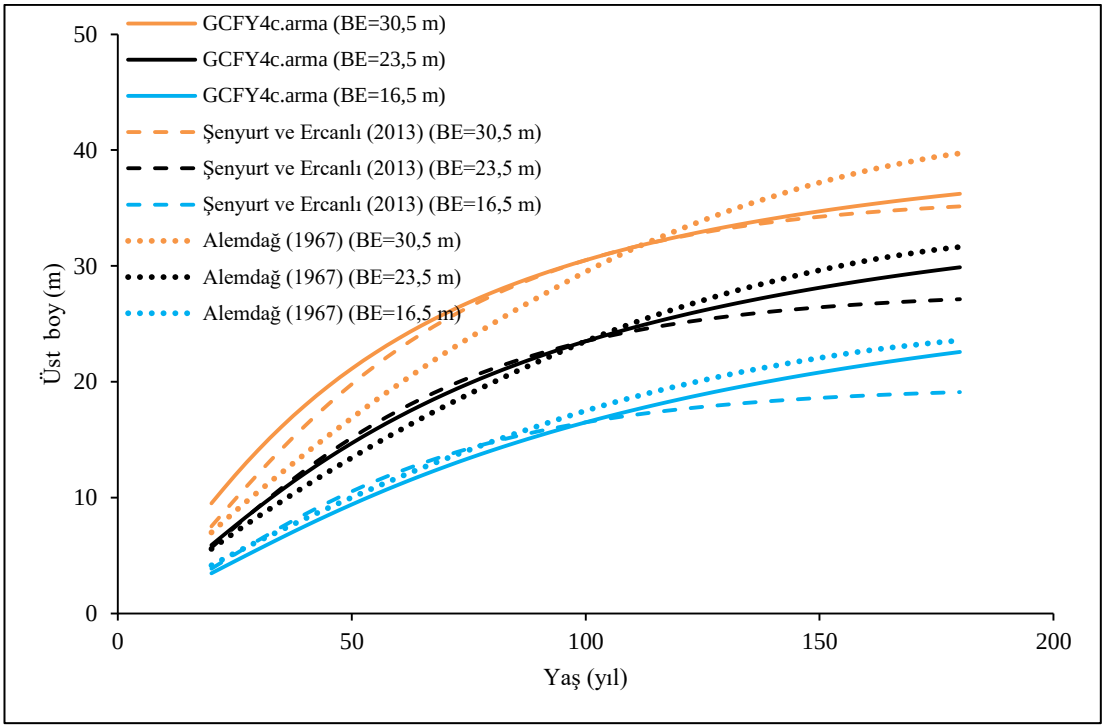
Model Yapısı	Tahmin Yapılan Ekorejyon	n	Ölçülen üst boylar ortalaması (m)	Tahmini üst boylar ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	436	9,5	9,0	0,47	5,01
E1				9,4	0,09	0,91
E2				8,5	1,01	10,64
E3				8,9	0,58	6,17
İndirgenmiş	E2	363	9,5	10,0	-0,50	-5,27
E1				10,6	-1,16	-12,25
E2				9,4	0,05	0,55
E3				10,0	-0,50	-5,25
İndirgenmiş	E3	856	10,4	10,5	-0,06	-0,58
E1				11,1	-0,72	-6,92
E2				9,8	0,60	5,77
E3				10,4	0,00	0,03

Tablo 3.15 incelendiğinde, ekolojik tabanlı ve karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerinin uygun ekorejyonda kullanılması durumunda hata yüzdesi miktarları Ekorejyon 1'de %0,91; Ekorejyon 2'de %0,55 ve Ekorejyon 3'te %0,03 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama hata miktarları ise Ekorejyon 1'de 0,09 m; Ekorejyon 2'de 0,05 m ve Ekorejyon 3'te 0,00 m'dir. Hatalar pozitif yönde ve küçük değerlerde gerçekleşmiştir.

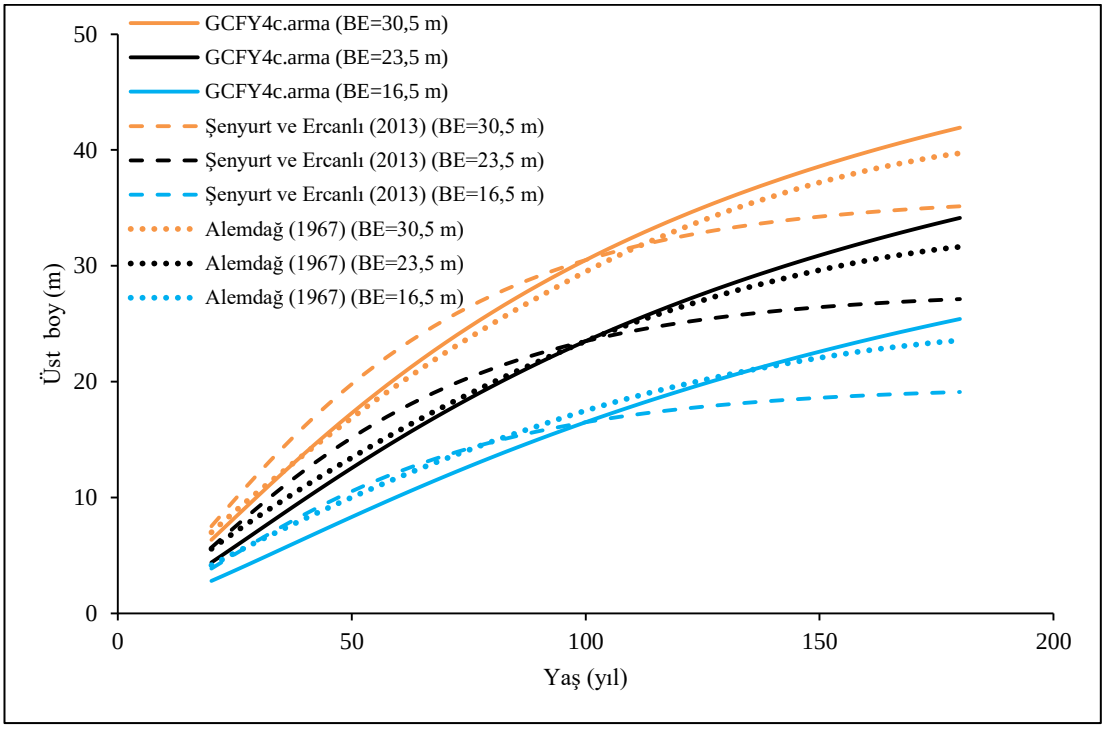
Ekorejyonlar arası farklılıkları dikkate almayan ve ortak parametre değerlerine sahip olan indirgenmiş bonitet endeks modelleri kullanılarak yapılan tahminlere ilişkin mutlak hata yüzdeleri Ekorejyon 1 için %5,01; Ekorejyon 2 için %5,27 ve Ekorejyon 3 için %0,58 olarak hesaplanmıştır. Ekorejyon 3'te indirgenmiş modeller kullanılarak yapılacak tahminlerde hata yüzdesi miktarlarının düşük olduğu görülürken, Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2 için indirgenmiş model kullanılarak yapılacak tahminlerde oldukça yüksek hata yüzdesi değerleri görülmektedir.

Her bir ekorejyona özgü parametre değerlerine sahip olan karışık etkili dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirildiği ekorejyon dışında farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda oldukça yüksek hata yüzdesi değerleri ortaya çıkmaktadır. Ekorejyon 1'e ait veri grubunda yer alan meşcerelere ilişkin üst boy tahminlerinin Ekorejyon 2'ye ait denklem kullanılarak yapılması sonucunda %10,6'lık, Ekorejyon 3'e ait denklem kullanılarak tahmin yapılması sonucunda ise %6,2'lik bir mutlak hata miktarı söz konusu olmaktadır. Ekorejyon 2'ye ait veri grubuna Ekorejyon 1'e ait denklemin uygulanması durumunda %12,3'lük bir mutlak hata miktarı ortaya çıkarken Ekorejyon 3'e ait modelin kullanılması durumunda ise %5,3'lük bir mutlak hata miktarı söz konusu olmuştur. Ekorejyon 3'e ait yapılacak tahminlerde Ekorejyon 1'e özgü denklemin kullanılması durumunda %6,9'luk, Ekorejyon 2'ye ait denklemin kullanılması durumunda ise %5,8'lik bir mutlak hata miktarı söz konusu olmaktadır. En yüksek hata miktarları Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2'ye ait denklemlerin birbirlerinin yerine kullanılması durumunda ortaya çıkmış olup bu durum bu iki ekorejyonda üst boy gelişimlerinin birbirlerinden oldukça farklı olması ile açıklanabilir.

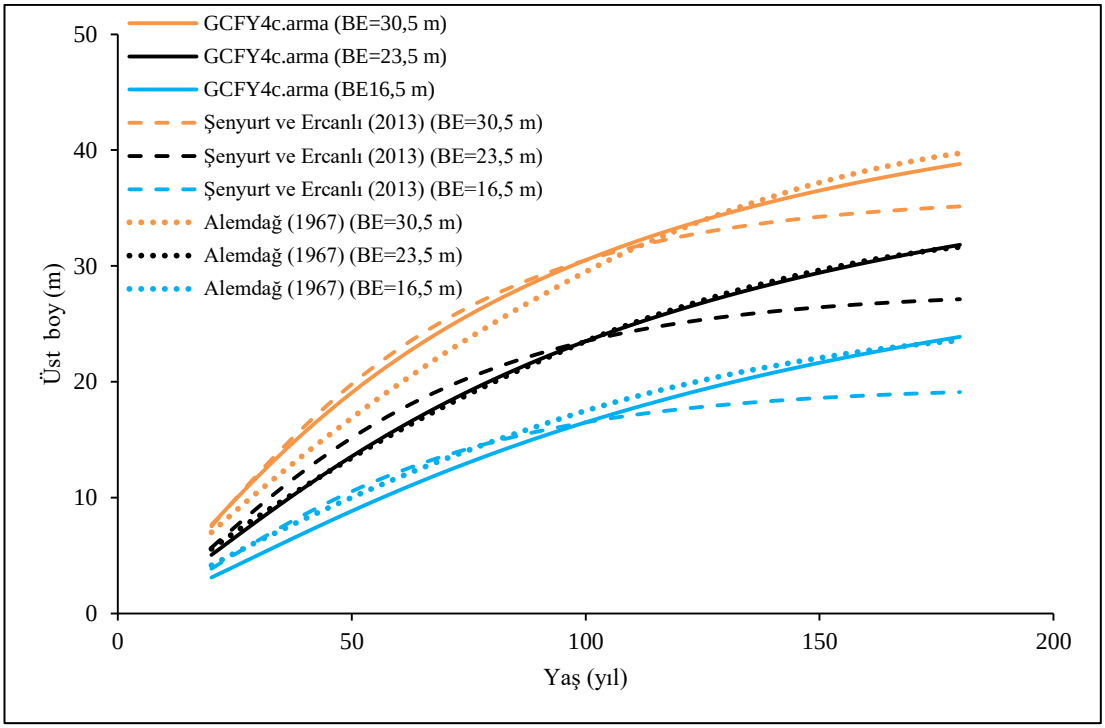
Asli ağaç türlerimizden sarıçam için Alemdağ (1967), Batu (1971 akt. Şenyurt, 2011) ve Sarıkamış-Göle-Oltu yöresinde de Erdemir (1974) tarafından yetişme ortamı verim gücü sınıfları oluşturulmuş ve bonitet endeks tabloları düzenlenmiştir. Batı Karadeniz Bölgesi için Şenyurt (2011) tarafından bonitet endeks modeli geliştirilerek bonitet endeks tabloları düzenlenmiştir. Kastamonu yöresi için Şenyurt ve Ercanlı (2013) tarafından ise dinamik bonitet endeks modeli geliştirilmiştir. Yapılan çalışma ile geliştirilen ekolojik tabanlı ve karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli ile bahsedilen çalışmalardan Alemdağ (1967) ve Şenyurt ve Ercanlı (2013) tarafından geliştirilen bonitet modelleri grafiksel olarak karşılaştırılmış ve ekorejyonlar arasında tahminler bakımından meydana gelen değişim incelenmiştir (Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Erdemir (1974) tarafından geliştirilen yetişme ortamı verim gücü sınıflaması oldukça farklı bölgede olması nedeniyle karşılaştırma yapılmamıştır.



Şekil 3.6 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 1)



Şekil 3.7 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 2)



Şekil 3.8 GCFY4c.arma ile bazı çalışmaların karşılaştırılması (Ekorejyon 3)

Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de literatürde yer alan çalışmalar ile ekorejyon bazında tahminler sunan GCFY4c.arma modeline ilişkin sonuçlar her bir ekorejyon için ayrı ayrı karşılaştırılmış ve farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Şekil 3.6'da Ekorejyon 1'e ilişkin tahminler incelenmiş olup bonitet endeks eğrilerinin değişimlerinin özellikle standart yaş sonrasında oldukça farklı olduğu görülmektedir. Farklılıklar aynı yöre için Şenyurt ve Ercanlı (2013) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiş olup, Alemdağ (1967) tarafından yapılan çalışmaya göre bu farklılıkların daha az olduğu görülmektedir. Standart yaştan sonra meydana gelen farklılıklar I. bonitetlerde Şenyurt ve Ercanlı (2013) ile daha az iken III. bonitetlerde Alemdağ (1967) ile daha azdır. GCFY4c.arma ile yapılan tahminler standart yaşa kadar I. bonitetlerde diğer çalışmalardan yüksek bir trend izlerken III. bonitetlerde daha düşük bir trend izlemiştir. Standart yaştan sonra GCFY4c.arma ile yapılan tahminler diğer çalışmalara göre ortalama bir trend izlemiştir.

Şekil 3.7'de Ekorejyon 2'ye ait tahminler incelenmiş olup, GCFY4c.arma ile yapılan tahminler ile Alemdağ (1967) tarafından sunulan çalışma ile yapılan tahminler arasında meydana gelen farklılık daha az iken özellikle standart yaştan sonra Şenyurt ve Ercanlı (2013) ile farklılıkların arttığı görülmektedir. Standart yaştan önceki

dönemde GCFY4c.arma modeline ilişkin tahminlerin diğer modellere göre daha düşük bir eğilim gösterdiği, standart yaştan sonra ise daha yüksek bir eğilim sergilediği görülmektedir. Standart yaştan önce I. bonitetlerde farklılık daha az iken III. bonitetlerde farklılığın daha fazla olduğu görülmektedir.

Ekorejyon 3 için bu çalışma kapsamında geliştirilen model ile literatürdeki modellerin tahminleri karşılaştırıldığında farklılıkların standart yaştan önce daha az olduğu görülürken standart yaştan sonra Şenyurt ve Ercanlı (2013) tarafından yapılan çalışma ile farklılıkların arttığı görülmektedir (Şekil 3.8). GCFYc.arma ile yapılan tahminlerin standart yaştan önce I. ve II. bonitetler için diğer iki model ile yapılan tahminlerin arasında yer aldığı görülürken III. bonitetlerde ise daha düşük tahminlerde bulunduğu görülmektedir.

Grafiksel incelemeler neticesinde her bir ekorejyona ilişkin tahminler bakımından farklılıklar gözlenmiş olup yetişme ortamı verim gücü tahminine ilişkin olarak gözlenen bu farklılıklar, modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin ekolojik farklılıkları dikkate alıp almama durumundan kaynaklanması muhtemel olmakla birlikte geliştirilen bonitet endeks model yapılarının ve kullanılan modelleme yaklaşımının farklılığından da meydana gelebilmektedir.

Ülkemizde çeşitli ağaç türleri için dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar sürdürülmüştür. Bu bağlamda Yavuz vd. (2010) tarafından Batı Karadeniz Bölgesi sarıçam, karaçam, ladin, göknar ve kayın türleri için Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı ile dinamik bonitete endeks modelleri geliştirmiştir. Bununla birlikte sarıçam için Şenyurt ve Ercanlı (2013), sarıçam-kayın karışık meşcereleri için Ercanlı vd. (2014), karaçam için Akbaş ve Şenyurt (2018) ile Seki ve Sakıcı (2017), göknar için Alkan (2019), sedir için Özçelik vd. (2019) ve kızılçam için Kahriman vd. (2018) tarafından dinamik yapılara sahip bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Ekolojik farklılıkları dikkate alan çalışmalar karaçam türü için Seki (2020) ile sınırlı kalmakta olup bu konuda yapılacak çalışmalar oldukça önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde dinamik modellerin geliştirilmesinde "Otoregresif Modelleme" yaklaşımı kullanılmış ve geliştirilen bonitet endeks modelleri ile yapılan tahminler bakımından ekorejyonlar arası

farklıklar olduğu ortaya konulmuştur. Bu tez çalışması kapsamında da geliştirilen dinamik bonitet endeks modelleri ile yapılan tahminlerin F-testi ve grafiksel incelemeler neticesinde ekorejyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar sunduğu görülmüştür. Son yıllarda literatürde oldukça yer bulan ve başarılı tahminler sunan karışık etkili modelleme yaklaşımının bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde kullanıldığı çalışmalar ülkemizde henüz mevcut değildir.

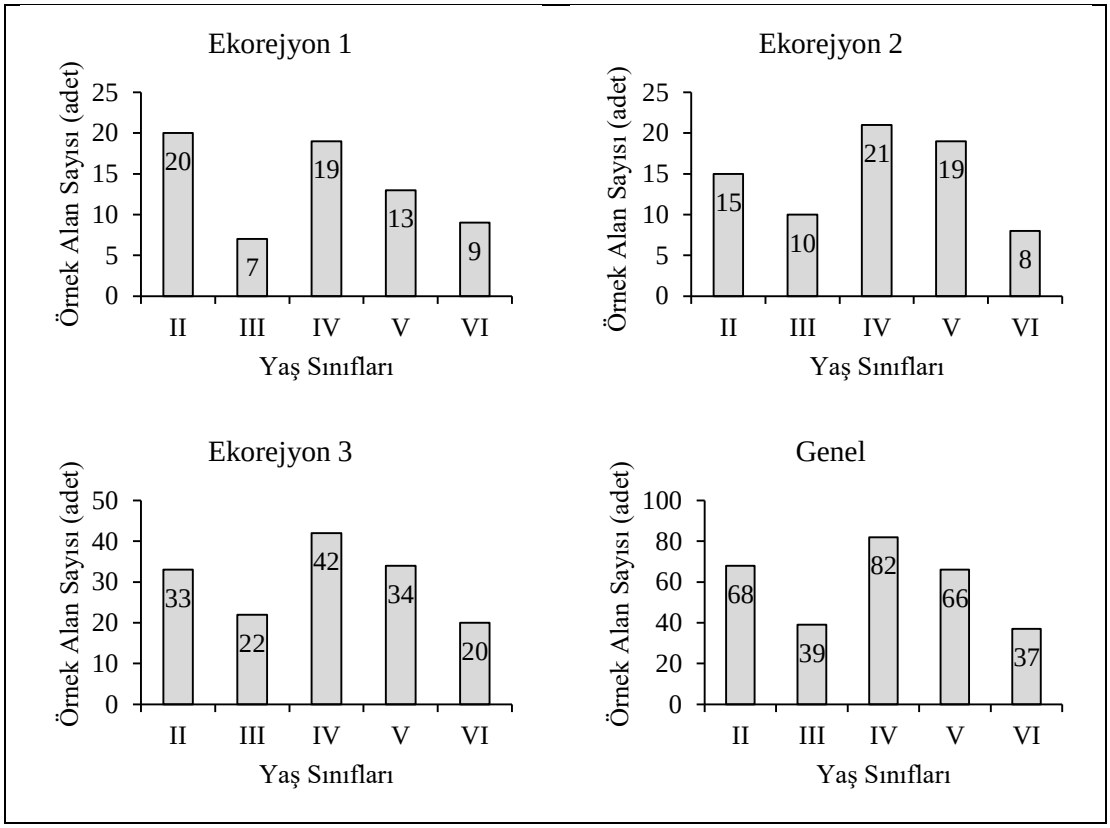
Uluslararası literatür incelendiğinde ise temel bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi aşamasında bazı çalışmalarda karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış olup (Nothdurft vd., 2006; Wang vd., 2007; Wang vd., 2008; Wang vd., 2011; Xu, 2012; Sharma vd., 2015; Nigh, 2015; Nigh, 2017; Wang vd., 2017; Westfall vd., 2017; Sharma ve Reid, 2018; Senilliani vd., 2019; Zhu vd., 2019; Lee vd., 2021) dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesinde karışık etkili modelleme yaklaşımının kullanılması oldukça sınırlı kalmıştır (Fang ve Bailey, 2001; Ni ve Liu, 2008; Meng vd., 2009; García-Espinoza vd., 2019). Yapılan bu çalışma ile ekolojik farklıkları yansıtmak ve dinamik modeller geliştirmek üzere karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış olup başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

3.1.3 Kalan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

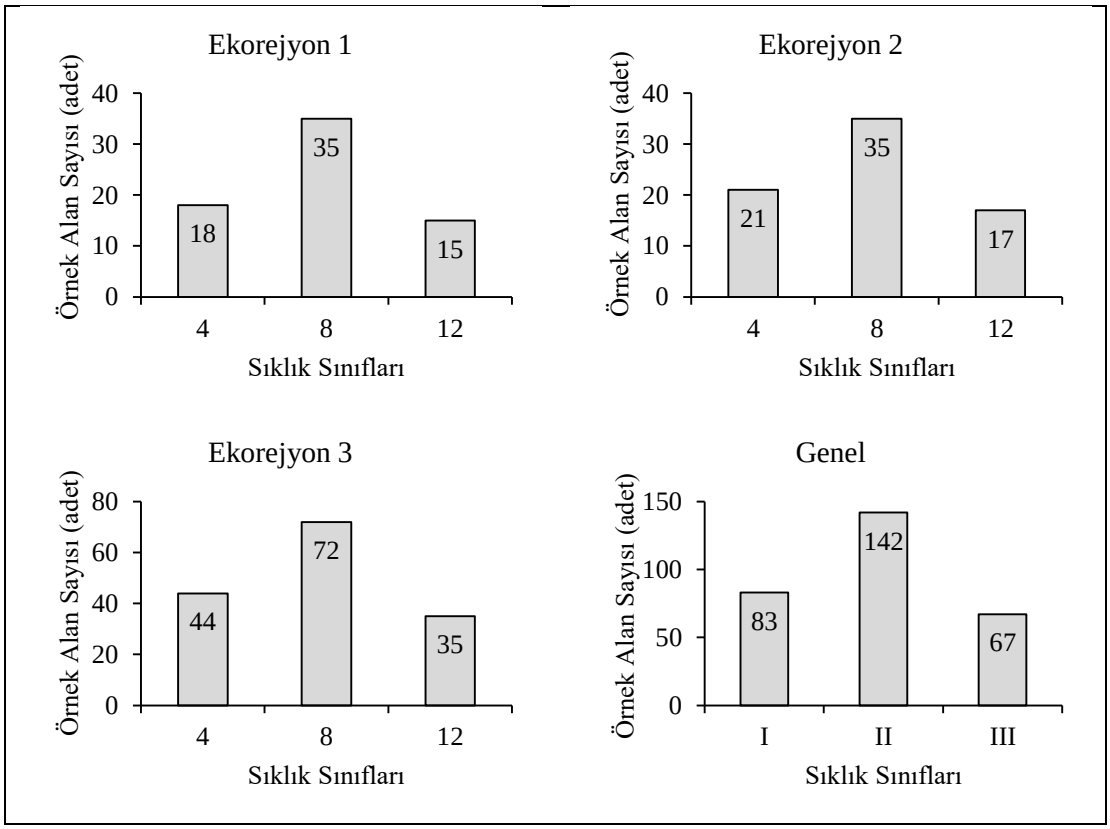
Meşcere ögelerine ilişkin çeşitli özelliklerin hesaplanması amacıyla, arazi çalışmaları kapsamında elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen çap-boy modeli ile bonitet endeks modeli ve örnek alan veri setlerine ilişkin değerlendirmelerin yapılması ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bazı istatistiksel bilgiler Tablo 3.16'da verilmiştir. Örnek alanların yaş sınıflarına, sıklık derecelerine ve bonitet sınıflarına dağılımları ise Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.16 Örnek alanlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler

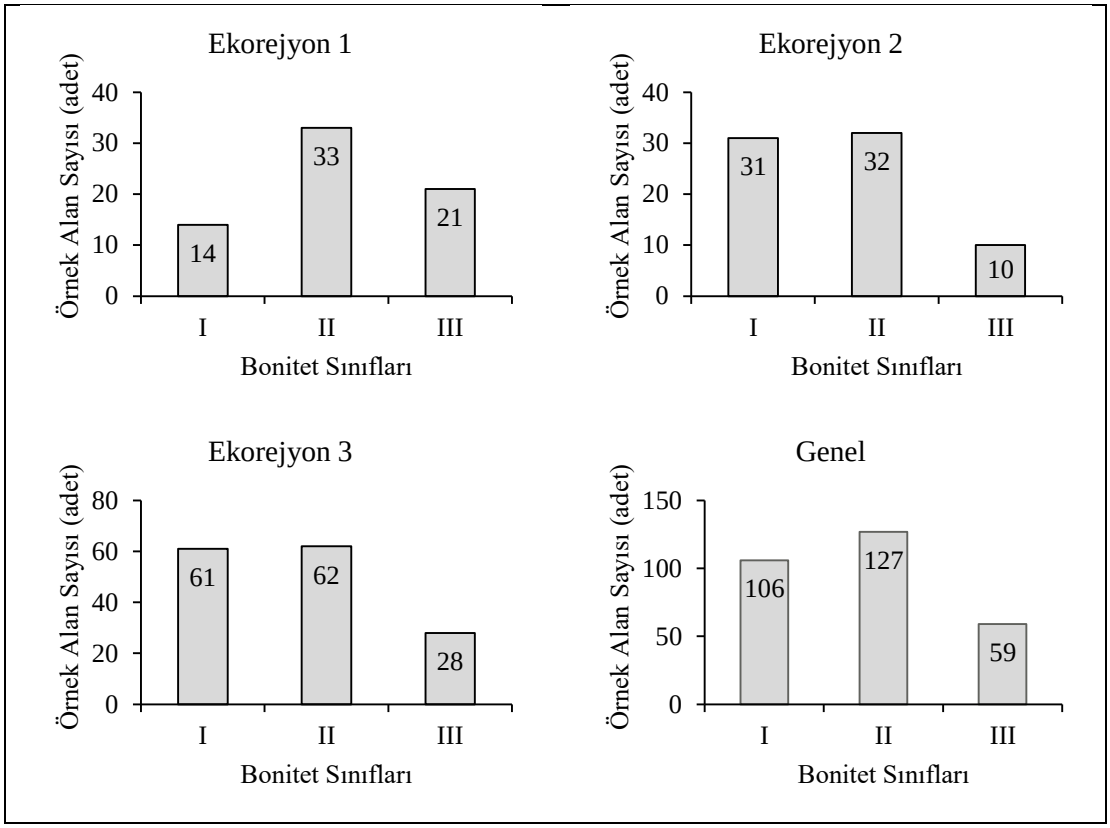
Ekorejyon	Meşcere Özelliği	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ekorejyon 1	Bonitet Endeksi (m)	68	15,6	32,5	23,0	4,1
	Sıklık Derecesi	68	2,9	18,9	8,0	3,3
	Yaş (yıl)	68	21	126	65	30
	Ağaç Sayısı (adet/ha)	68	117	5100	1265	1300
	Orta Çap (cm)	68	9,6	47,1	25,5	9,9
	Orta Boy (m)	68	5,8	25,2	15,4	5,5
	Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	68	14,2	109,5	38,7	16,7
	Hacim (m^3/ha)	68	73,7	1253,9	301,6	204,0
Ekorejyon 2	Bonitet Endeksi (m)	73	13,4	38,2	25,1	5,1
	Sıklık Derecesi	73	3,4	19,6	8,2	3,2
	Yaş (yıl)	73	19	132	68	28
	Ağaç Sayısı (adet/ha)	73	190	5200	1272	1202
	Orta Çap (cm)	73	9,2	46,5	24,6	8,2
	Orta Boy (m)	73	5,9	25,8	16,2	4,8
	Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	73	16,9	79,6	38,8	12,6
	Hacim (m^3/ha)	73	65,3	662,3	307,3	139,4
Ekorejyon 3	Bonitet Endeksi (m)	151	12,3	36,6	25,0	5,1
	Sıklık Derecesi	151	2,5	17,9	7,9	3,0
	Yaş (yıl)	151	24	149	69	30
	Ağaç Sayısı (adet/ha)	151	163	6200	1011	937
	Orta Çap (cm)	151	10,0	48,9	26,6	9,7
	Orta Boy (m)	151	6,0	28,5	17,2	5,3
	Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	151	11,6	88,7	39,8	15,9
	Hacim (m^3/ha)	151	39,0	1126,7	343,6	195,0
Genel	Bonitet Endeksi (m)	292	12,3	38,2	24,6	4,9
	Sıklık Derecesi	292	2,5	19,6	8,0	3,1
	Yaş (yıl)	292	19	149	68	29
	Ağaç Sayısı (adet/ha)	292	117	6200	1136	1103
	Orta Çap (cm)	292	9,2	48,9	25,8	9,4
	Orta Boy (m)	292	5,8	28,5	16,5	5,3
	Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	292	11,6	109,5	39,3	15,3
	Hacim (m^3/ha)	292	39,0	1253,9	324,7	185,4



Şekil 3.9 Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları



Şekil 3.10 Örnek alanların sıklık sınıflarına dağılımları



Şekil 3.11 Örnek alanların bonitet sınıflarına dağılımları

Yapılan tez çalışması kapsamında ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir. Hasılat tablolarının düzenlenmesinde meşcere öğelerine (orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim) ilişkin tahminler doğrusal olmayan modellerin geliştirilmesiyle ortaya konulmuştur. Modellere ilişkin parametre tahminleri yapıldıktan sonra istatistiksel olarak tüm parametreleri anlamlı bulunan modellerde Belirtme Katsayısı (R^2), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (*HKOK*), Ortalama Mutlak Hata (*OMH*) ve Akaike Bilgi Kriteri (*AIC*) ölçütlerine göre rölatif sıralama yapılmış ve her bir meşcere ögesi için en başarılı modellere karar verilmiştir (Tablo 3.17- Tablo 3.26).

Tablo 3.17 Orta çap modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart hata	p
M1	0,773	4,47	3,5	447,280	a	13,8709	2,3515	0,000
					b	0,4434	0,0598	0,000
					c	-8,1892	2,0619	0,000
					d	0,4598	0,2236	0,041
					e	-2,6227	0,9633	0,007
M2	0,782	4,37	3,5	442,848	a	51,3542	20,4159	0,012
					b	0,0816	0,1146	$0,477^{ns}$
					c	20,4968	8,2882	0,014
					d	0,1408	0,2386	$0,556^{ns}$
					e	-1,2534	1,0285	$0,223^{ns}$
					f	-103,3631	29,2788	0,000
M3	0,746	4,73	3,8	461,620	a	14,9144	2,6513	0,000
					b	0,3041	0,0572	0,000
					c	0,1623	0,0290	0,000
					d	-22,2491	1,0154	0,000
M4	0,821	4,42	3,4	442,020	a	1,1347	0,0504	0,000
					b	-13,2126	0,4107	0,000
					c	-0,0404	0,0082	0,000
					d	0,1065	0,0168	0,000
M5	0,650	5,55	4,2	506,650	a	-3,8600	0,1493	0,000
					b	0,0152	0,0075	0,043
					c	0,9204	0,0328	0,000
M6	0,726	4,91	3,7	470,458	a	2,0164	0,3362	0,000
					b	-0,0301	0,0128	0,019
					c	0,6609	0,0282	0,000
M7	0,765	4,54	3,5	449,993	a	-10,0070	1,9574	0,000
					b	-0,3362	0,0840	0,000
					c	0,9370	0,0402	0,000
					d	0,7721	0,0065	0,000

$^{ns}p>0,05$

Tablo 3.18 Orta çap modellerine ilişkin başarı sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
M1	2,39	1,22	1,89	1,41	6,91	1,73
M3	3,18	2,35	3,43	2,52	11,48	2,87
M4	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
M5	6,00	6,00	6,00	6,00	24,00	6,00
M6	3,76	3,14	3,16	3,20	13,27	3,32
M7	2,62	1,54	1,81	1,62	7,59	1,90

Tablo 3.19 Orta boy modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart hata	p
M1	0,947	1,21	0,9	64,436	a	0,9168	0,0742	0,000
					b	1,0259	0,0273	0,000
					c	-5,0863	0,8052	0,000
					d	0,8868	0,0900	0,000
					e	-3,8527	0,3830	0,000
M2	0,961	1,03	0,8	21,625	a	4,2069	0,6782	0,000
					b	0,6067	0,0461	0,000
					c	26,3139	3,1309	0,000
					d	0,5609	0,0841	0,000
					e	-2,4764	0,3580	0,000
					f	-113,6707	11,1214	0,000
M3	0,912	1,55	1,2	136,526	a	1,0388	0,1069	0,000
					b	0,9101	0,0325	0,000
					c	0,2919	0,0150	0,000
					d	-20,9545	0,4757	0,000
M4	0,943	1,18	0,9	56,487	a	0,1849	0,0308	0,000
					b	-15,4479	0,2431	0,000
					c	-0,0069	0,0048	$0,151^{ns}$
					d	0,3505	0,0103	0,000
M5	0,973	0,86	0,7	-37,132	a	-3,6465	0,0343	0,000
					b	0,0037	0,0019	0,044
					c	0,7791	0,0076	0,000
M6	0,677	0,98	2,4	324,505	a	0,8404	0,1336	0,000
					b	0,0790	0,0126	0,000
					c	0,5776	0,0260	0,000
M7	0,931	1,38	1,0	102,193	a	-20,1220	0,5523	0,000
					b	-0,0118	0,0115	0,000
					c	0,9124	0,0091	0,000
					d	0,6967	0,0029	0,000

$^{ns}p>0,05$

Tablo 3.20 Orta boy modellerine ilişkin başarı sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
M1	1,44	1,81	1,80	2,40	7,45	1,86
M2	1,20	1,40	1,38	1,81	5,80	1,45
M3	2,03	2,63	2,60	3,40	10,66	2,67
M5	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
M6	6,00	6,00	6,00	6,00	24,00	6,00
M7	1,71	2,23	2,11	2,93	8,97	2,24

Tablo 3.21 Ağaç sayısı modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart hata	p
M1	-	-	-	-	-	Çözüm Sağlanamadı		
M2	-	-	-	-	-	Çözüm Sağlanamadı		
M3	0,835	441,32	323,4	1786,212	a	758,4224	256,6283	0,003
					b	-0,5528	0,0938	0,000
					c	0,6918	0,0649	0,000
					d	16,6889	0,6324	0,000
M4	0,863	719,92	308,3	1929,108	a	1,5829	0,0417	0,000
					b	7,6260	0,2595	0,000
					c	0,1706	0,0066	0,000
					d	-0,0534	0,0134	0,000
M5	0,867	395,71	250,7	1752,360	a	9,6588	0,1259	0,000
					b	-0,4834	0,0174	0,000
					c	-1,0949	0,0353	0,000
M6	0,811	471,14	282,3	1803,308	a	1635,5706	492,0593	0,001
					b	0,5183	0,0272	0,000
					c	-1,0696	0,0455	0,000
M7	-	-	-	-	-	Çözüm Sağlanamadı		

Tablo 3.22 Ağaç sayısı modellerine ilişkin başarı sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
M3	2,74	1,42	4,00	1,57	9,74	3,01
M4	1,20	4,00	3,38	4,00	12,58	4,00
M5	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
M6	4,00	1,70	2,30	1,86	9,87	3,05

Tablo 3.23 Göğüs yüzeyi modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart hata	p
M1	0,944	3,53	2,8	378,673	a	3,8211	0,3414	0,000
					b	0,1534	0,0312	0,000
					c	-1,4100	0,8960	$0,117^{ns}$
					d	1,4106	0,0933	0,000
					e	-1,9592	0,3804	0,000
M2	0,943	3,45	2,7	385,822	a	5,6645	1,1524	0,000
					b	0,0467	0,0584	$0,424^{ns}$
					c	4,9519	3,1251	$0,114^{ns}$
					d	1,2999	0,1065	0,000
					e	-1,4881	0,4396	0,000
					f	-24,1647	11,4099	0,035
M3	0,937	3,83	3,0	399,760	a	4,3320	0,4109	0,000
					b	0,0863	0,0294	0,004
					c	1,0774	0,0170	0,000
					d	-7,9807	0,2873	0,000
M4	0,944	3,83	2,9	399,986	a	0,7198	0,0255	0,000
					b	-5,2966	0,1792	0,000
					c	0,2631	0,0041	0,000
					d	0,0389	0,0083	0,000
M5	0,911	4,57	3,6	449,686	a	-0,0176	0,0657	$0,789^{ns}$
					b	-0,3037	0,0068	0,000
					c	0,3598	0,0144	0,000
M6	0,940	3,89	2,9	403,156	a	0,2557	0,0212	0,000
					b	0,4406	0,0071	0,000
					c	0,4362	0,0119	0,000
M7	0,905	4,70	3,5	460,076	a	-14,7975	1,5070	0,000
					b	1,0968	0,0368	0,000
					c	0,3607	0,0336	0,000
					d	0,7447	0,0074	0,000

$^{ns}p>0,05$

Tablo 3.24 Göğüs yüzeyi modellerine ilişkin başarı sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
M3	1,54	1,00	1,49	1,00	5,03	1,26
M4	1,00	1,00	1,00	1,01	4,01	1,00
M6	1,31	1,21	1,00	1,17	4,68	1,17
M7	4,00	4,00	4,00	4,00	16,00	4,00

Tablo 3.25 Hacim modellerine ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Model	R^2	HKOK	OMH	AIC	Parametre	Tahmin	Standart hata	p
M1	0,931	48,47	37,2	1143,238	a	3,0822	0,4787	0,000
					b	1,1109	0,0638	0,000
					c	-14,1815	2,7983	0,000
					d	1,0323	0,0576	0,000
					e	-7,6208	3,9505	$0,055^{ns}$
M2	0,944	43,67	33,3	1114,760	a	10,5112	3,7516	0,005
					b	0,6814	0,0999	0,000
					c	23,8304	7,1833	0,001
					d	1,8800	0,1885	0,000
					e	-4,1760	0,8174	0,000
					f	-109,8304	26,0451	0,000
M3	0,926	50,48	39,0	1153,110	a	3,0861	0,5005	0,000
					b	0,9171	0,0517	0,000
					c	1,3061	0,0252	0,000
					d	-27,8877	0,7817	0,000
M4	0,928	48,16	36,5	1139,350	a	1,0396	0,0281	0,000
					b	-10,0392	0,2083	0,000
					c	0,1633	0,0045	0,000
					d	0,1693	0,0092	0,000
M5	0,839	74,23	53,2	1263,686	a	-0,1191	0,1511	$0,431^{ns}$
					b	-0,2542	0,0123	0,000
					c	0,8549	0,0323	0,000
M6	0,911	55,26	39,8	1177,51	a	0,1429	0,0223	0,000
					b	0,5127	0,0121	0,000
					c	0,9475	0,0241	0,000
M7	0,774	88,07	61,9	1315,63	a	-218,0000	20,9900	0,000
					b	0,9364	0,0604	0,000
					c	1,1460	0,0520	0,000
					d	1,3120	0,0080	0,000

$^{ns}p>0,05$

Tablo 3.26 Hacim modellerine ilişkin başarı sıralaması

Model	Rölatif Sıralama					Genel Sıralama
	R^2	HKOK	OMH	AIC	Toplam	
M2	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00
M3	1,43	1,61	1,80	1,76	6,61	1,65
M4	1,37	1,40	1,45	1,49	5,72	1,43
M6	1,78	2,04	1,91	2,25	7,98	2,00
M7	5,00	5,00	5,00	5,00	20,00	5,00

Parametre anlamlılığı ve istatistiksel başarı ölçütleri ile büyüme kanuniyetleri açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim için sırasıyla M4, M2, M3, M4 ve M4 modellerinin en başarılı sonuçları verdiği belirlenmiştir. Orta çap modellerinden M2, orta boy modellerinden M4, göğüs yüzeyi modellerinden M1, M2 ve M5 ve hacim modellerinden M1 ve M5 p=0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre değerlerine sahip oldukları için ve ayrıca ağaç sayısı modellerinden M1, M2 ve M7 için çözüm sağlanamadığından bu modeller rölatif sıralama kapsamında değerlendirilmemişlerdir. Orta boy modellerinden M5 en başarılı rölatif sıralamaya sahip olmasına karşın doğrusal bir eğilim sergilediği için M2 en başarılı model olarak seçilmiştir. Ağaç sayısı modellerinden M5 en başarılı sıralamaya sahip olmasına karşın bonitet sınıfları arası ağaç sayısı değişimini tam olarak yansıtmadığından (tahminlerin $N_{II}<N_{I}<N_{III}$ şeklinde olması) büyüme kanuniyetlerine uygunluk açısından M3 modelinin daha başarılı tahmin sunduğu görülmüş olup en başarılı model olarak seçilmiştir. Hacim modellerinden de M2 en başarılı rölatif sıralamaya sahip olmasına karşın meşcere gelişimine ilişkin polimorfizm özelliğini sağlamadığı için M4'ün seçilmesi daha uygun bulunmuştur.

Meşcere ögelerine ilişkin en başarılı doğrusal olmayan modellerin seçilmesi ve bu modeller ile ekolojik farklılıkların ortaya konulabilmesi amacıyla karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış ve ekorejyonlar modellere "subject" olarak tanıtılmıştır. Çözüme ulaşan ve bütün parametreleri 0,05 önem düzeyinde anlamlı bulanan meşcere modellerinden orta çap için 7 adet, orta boy için 6 adet, ağaç sayısı için 14 adet, göğüs yüzeyi için ve hacim için 9 adet TEP kombinasyonları *AIC* ve *BIC* başarı ölçütlerine göre değerlendirilerek en başarılı nihai modeller seçilmiştir (Tablo 3.27-3.31). TEP kombinasyonlarından orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim için sırasıyla M4 modeli için "c" parametresi (M4c), M2 için "c" parametresi (M2c), M3 için "a" ve "c" parametreleri (M3ac), M4 için "b" ve "c" parametreleri (M4bc) ve M4 için "b" parametresi yerine grafiksel incelemeler sonucunda büyüme kanuniyetleri açısından "b" ve "c" parametreleri (M4bc) en başarılı sonuçları vermişlerdir.

Tablo 3.27 Orta çap modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	866,99	889,05	6,11	1,91	8,02	3,21
b	866,89	888,95	5,93	1,84	7,77	3,06
c	865,59	887,65	3,52	1,00	4,52	1,00
d	866,47	888,54	5,15	1,57	6,73	2,40
a, b	867,47	896,89	7,00	7,00	14,00	7,00
b, c	864,23	893,65	1,00	4,90	5,90	1,87
b, d	866,10	895,52	4,46	6,11	10,57	4,83

Tablo 3.28 Orta boy modeli M2 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	832,894	862,308	6,00	6,00	12,00	6,00
b	828,556	857,970	5,60	5,60	11,20	5,60
c	778,827	808,241	1,00	1,00	2,00	1,00
d	832,017	861,432	5,92	5,92	11,84	5,92
e	823,396	852,810	5,12	5,12	10,24	5,12
f	784,246	813,660	1,50	1,50	3,00	1,50

Tablo 3.29 Ağaç sayısı modeli M3 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	4383,454	4405,515	6,32	2,56	8,88	3,74
b	4379,928	4401,988	5,18	1,60	6,78	2,61
c	4377,720	4399,780	4,46	1,00	5,46	1,90
d	4381,656	4403,716	5,74	2,07	7,81	3,16
a, b	4383,928	4413,342	6,48	4,69	11,17	4,97
a, c	4371,550	4400,969	2,45	1,32	3,78	1,00
a, d	4385,122	4414,536	6,86	5,02	11,88	5,35
b, c	4381,720	4411,134	5,76	4,09	9,85	4,26
b, d	4383,927	4413,341	6,48	4,69	11,17	4,97
c, d	4380,612	4410,026	5,40	3,79	9,19	3,90
a, b, c	4387,180	4428,163	7,53	8,73	16,26	7,70
a, b, d	4407,083	4447,527	14,00	14,00	28,00	14,00
a, c, d	4393,023	4433,468	9,43	10,17	19,60	9,49
b, c, d	4367,079	4407,523	1,00	3,11	4,11	1,18

Tablo 3.30 Göğüs yüzeyi modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	-539,270	-517,210	7,73	4,21	11,93	5,48
b	-545,357	-523,296	3,29	1,00	4,29	1,04
c	-540,702	-518,641	6,68	3,45	10,13	4,44
d	-540,039	-517,979	7,17	3,80	10,97	4,92
a, b	-544,385	-514,971	4,00	5,38	9,38	4,00
a, c	-538,418	-509,004	8,35	8,53	16,87	8,35
b, c	-548,504	-519,090	1,00	3,22	4,22	1,00
b, d	-545,116	-515,702	3,47	5,00	8,47	3,47
c, d	-537,520	-508,106	9,00	9,00	18,00	9,00

Tablo 3.31 Hacim modeli M4 için tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	-239,404	-217,343	8,46	6,31	14,77	7,32
b	-256,547	-234,487	1,61	1,00	2,61	1,00
c	-241,867	-219,806	7,48	5,55	13,02	6,41
d	-241,758	-219,697	7,52	5,58	13,10	6,45
a, b	-256,759	-227,345	1,52	3,21	4,73	2,11
a, c	-238,802	-209,388	8,70	8,77	17,48	8,73
b, c	-258,069	-228,655	1,00	2,81	3,81	1,62
b, d	-256,546	-227,132	1,61	3,28	4,89	2,18
c, d	-238,063	-208,649	9,00	9,00	18,00	9,00

Değerlendirmeler sonucunda başarılı bulunan modellere ilişkin karışık etkili model yapıları Eşitlik 3.10-3.14'te, parametre tahmin değerleri ile başarı ölçütleri Tablo 3.32- 3.36'da verilmiştir.

Orta çap modeli;

$$\ln Y = \exp\left(\mathrm{a} + \frac{\mathrm{b}}{T} + (\mathrm{c} + \mathrm{u}_1)\ln SD + \mathrm{d}\ln BE\right) \tag{3.10}$$

Orta boy modeli;

$$Y = \mathrm{a}\, BE^{(\mathrm{b}+(\mathrm{c}+\mathrm{u}_1)/T)} SD^{(\mathrm{d}+\mathrm{e}/\ln T)} \exp(\mathrm{f}/T) \tag{3.11}$$

Ağaç sayısı;

$$Y = (\mathrm{a} + \mathrm{u}_1)\, BE^{\mathrm{b}} SD^{((\mathrm{c}+\mathrm{u}_2)+\mathrm{d}/T)} \tag{3.12}$$

Göğüs yüzeyi;

$$\ln Y = \exp\left(a + \frac{(b + u_1)}{T} + (c + u_2)\ln SD + d\ln BE\right) \quad (3.13)$$

Hacim;

$$\ln Y = \exp\left(a + \frac{(b + u_1)}{T} + (c + u_2)\ln SD + d\ln BE\right) \quad (3.14)$$

Tablo 3.32 Karışık etkili orta çap modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	1,1049	0,832	865,590	887,650
b	-13,3498			
c	-0,0406			
d	0,1168			
$\sigma_{u_1}^2$	0,0071			
σ^2	0,1647			

Tablo 3.33 Karışık etkili orta boy modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	5,1344	0,972	778,827	808,241
b	0,5671			
c	31,3908			
d	0,3995			
e	-1,7682			
f	-135,5128			
$\sigma_{u_1}^2$	0,8060			
σ^2	0,8748			

Tablo 3.34 Karışık etkili ağaç sayısı modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	1582,7619	0,855	4371,555	4400,969
b	-0,7958			
c	0,7044			
d	17,5781			
$\sigma_{u_1}^2$	572,5810			
$\sigma_{u_2}^2$	0,2265			
$\sigma_{u_1u_2}^2$	-1,0000			
σ^2	410,5450			

Tablo 3.35 Karışık etkili göğüs yüzeyi modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	0,6970	0,950	-548,504	-519,090
b	-5,2989			
c	0,2603			
d	0,0479			
$\sigma^2_{u_1}$	0,6131			
$\sigma^2_{u_2}$	0,0051			
$\sigma^2_{u_1u_2}$	-0,8560			
σ^2	0,0904			

Tablo 3.36 Karışık etkili hacim modeline ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	1,0015	0,940	-258,069	-228,655
b	-10,1671			
c	0,1616			
d	0,1830			
$\sigma^2_{u_1}$	0,8610			
$\sigma^2_{u_2}$	0,0047			
$\sigma^2_{u_1u_2}$	-0,7700			
σ^2	0,1481			

Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için meşcere özellikleri bakımından ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip orta çap için "c", orta boy için "c", ağaç sayısı için "a" ve "c", göğüs yüzeyi için "b" ve "c" ve hacim için "b" ve "c" parametreleri "nlmeStruct" ve "random.effects" fonksiyonları yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arası farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir. Diğer parametreler 3 ekorejyon için de aynı değerleri almaktadır. Meşcere özelliklerine ilişkin modellerin her bir ekorejyona özgü parametre tahminleri Tablo 3.37, 3.38, 3.39, 3.40 ve 3.41'de verilmiştir.

Tablo 3.37 Ekorejyonlar için karışık etkili orta çap modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	1,1049	1,1049	1,1049	1,1049
b	-13,3498	-13,3498	-13,3498	-13,3498
c	-0,0406	-0,0329	-0,0490	-0,0400
d	0,1168	0,1168	0,1168	0,1168

Tablo 3.38 Ekorejyonlar için karışık etkili orta boy modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	5,1344	5,1344	5,1344	5,1344
b	0,5671	0,5671	0,5671	0,5671
c	31,3908	32,3639	30,4079	31,4007
d	0,3995	0,3995	0,3995	0,3995
e	-1,7682	-1,7682	-1,7682	-1,7682
f	-135,5128	-135,5128	-135,5128	-135,5128

Tablo 3.39 Ekorejyonlar için karışık etkili ağaç sayısı modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	1582,7619	2084,7747	790,4597	1873,0513
b	-0,7958	-0,7958	-0,7958	-0,7958
c	0,7044	0,5058	1,0179	0,5896
d	17,5781	17,5781	17,5781	17,5781

Tablo 3.40 Ekorejyonlar için karışık etkili göğüs yüzeyi modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	0,6970	0,6970	0,6970	0,6970
b	-5,2989	-4,7150	-5,1293	-6,0523
c	0,2603	0,2585	0,2559	0,2665
d	0,0479	0,0479	0,0479	0,0479

Tablo 3.41 Ekorejyonlar için karışık etkili hacim modeline ilişkin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	1,0015	1,0015	1,0015	1,0015
b	-10,1671	-9,0182	-10,6444	-10,8387
c	0,1616	0,1575	0,1601	0,1671
d	0,1830	0,1830	0,1830	0,1830

Karışık etkili meşcere modelleri geliştirilip üç ekorejyona ait orta çap için “c”, orta boy için “c”, ağaç sayısı için “a” ve “c”, göğüs yüzeyi için “b” ve “c” ve hacim için “b” ve “c” parametreleri tahmin edildikten sonra, ekorejyonlar arasındaki farklılıklarının test edilmesi amacıyla hesaplanan F değerleri Tablo 3.42-3.46’da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde orta çap tahmini bakımından Ekorejyon 2 diğer ekorejyonlardan istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,05$), Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Bu sonuçlara göre ekorejyonlar arasında genel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu gözlemlenmiş olup, bu sebeple her bir ekorejyon için farklı parametre değerlerine sahip karışık etkili orta

çap modelinin kullanılması uygun görülmektedir. Orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim modellerine ilişkin F-istatistikleri incelendiğinde ise tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Bu nedenle, her bir ekorejyon için farklı parametre setine sahip ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılması daha güvenilir tahminler sunması bakımından uygun olmaktadır.

Tablo 3.42 Karışık etkili orta çap denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
M4c	1-2-3	5754,688	288	5530,109	286	292	5,807	0,003
	1-2	2023,567	137	1781,708	136	141	18,461	<0,001
	1-3	4873,860	215	4811,609	214	219	2,769	0,098^{ns}
	2-3	4611,949	220	4466,900	219	224	7,111	0,008

$^{ns}p>0,05$

Tablo 3.43 Karışık etkili orta boy denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
M2c	1-2-3	311,898	286	221,204	284	292	58,220	<0,001
	1-2	219,232	135	137,637	134	141	79,439	<0,001
	1-3	207,525	213	157,835	212	219	66,743	<0,001
	2-3	197,040	218	146,937	217	224	73,992	<0,001

Tablo 3.44 Karışık etkili ağaç sayısı denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
M3ac	1-2-3	56870354	288	49943195	284	292	9,848	<0,001
	1-2	32519799	137	23175571	135	141	27,216	<0,001
	1-3	43723963	215	41478573	213	219	5,765	0,004
	2-3	37496946	220	35232245	218	224	7,006	<0,001

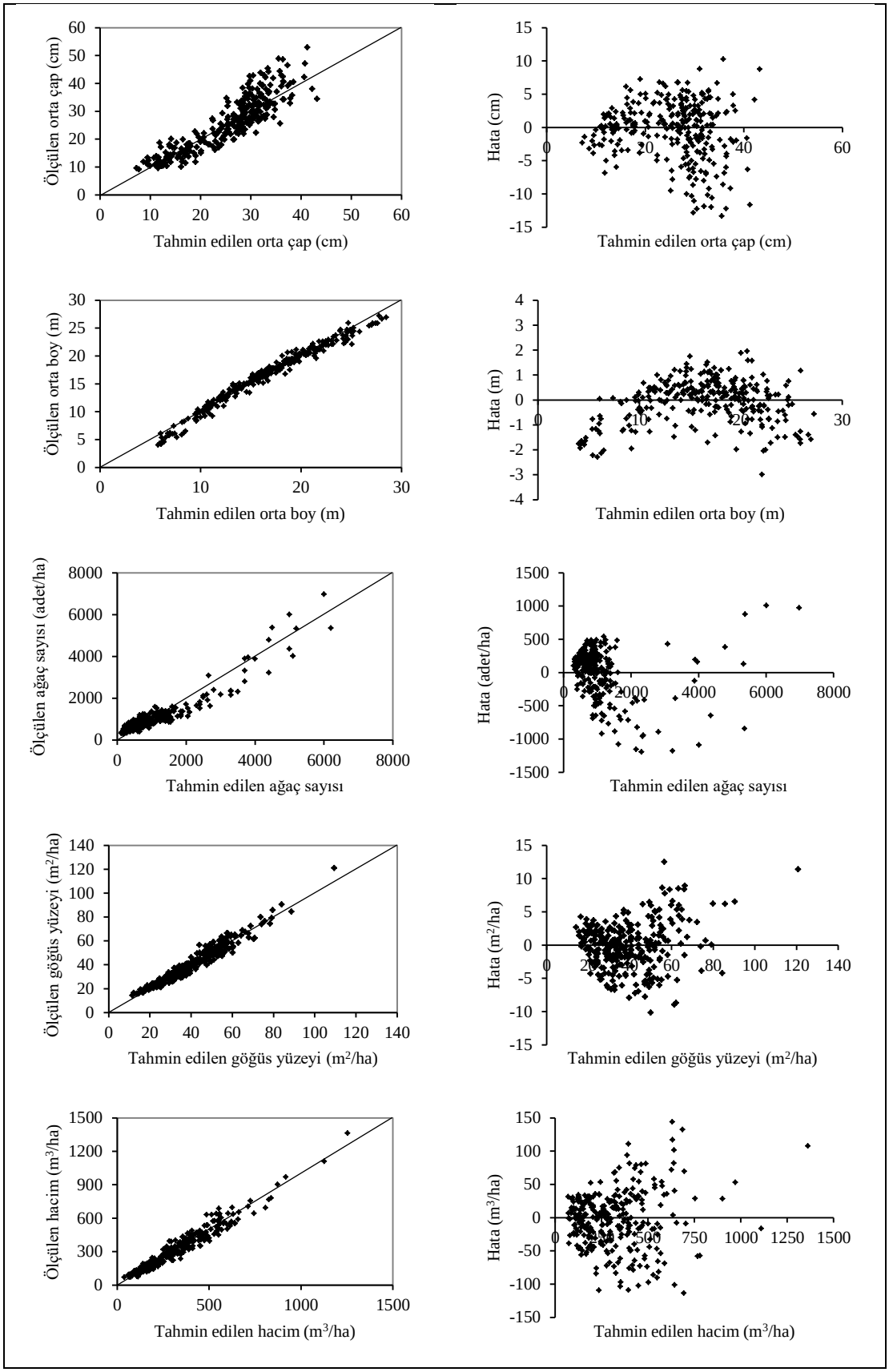
Tablo 3.45 Karışık etkili göğüs yüzeyi denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
M4bc	1-2-3	4312,262	288	3686,552	284	292	12,051	<0,001
	1-2	2101,831	137	1527,125	135	141	25,402	<0,001
	1-3	3301,652	215	3035,827	213	219	9,325	<0,001
	2-3	3221,042	220	2810,151	218	224	15,938	<0,001

Tablo 3.46 Karışık etkili hacim denklemine ilişkin hesaplanan F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
M4bc	1-2-3	677216	288	551799	284	292	16,138	<0,001
	1-2	307140	137	222129	135	141	25,833	<0,001
	1-3	491544	215	430354	213	219	15,143	<0,001
	2-3	555749	220	451115	218	224	25,282	<0,001

Geliştirilen karışık etkili meşcere modellerine ilişkin tahmin ve hata değerleri Şekil 3.12'de incelenmiştir. Şekilde tahmin edilen meşcere özelliklerine ilişkin değerler ve ölçülen değerler ile tahmin grafikleri oluşturulurken, tahmin edilen meşcere özelliklerine ilişkin değerler ve hata değerleri ile de hata grafikleri çizilmiştir. Şekil 3.12 incelendiğinde, ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı söylenebilir. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmekle birlikte bu modeller ile yapılan tahminlerin ölçülen meşcere özelliklerine ilişkin değerler ile yakın değerler aldığı görülmektedir.



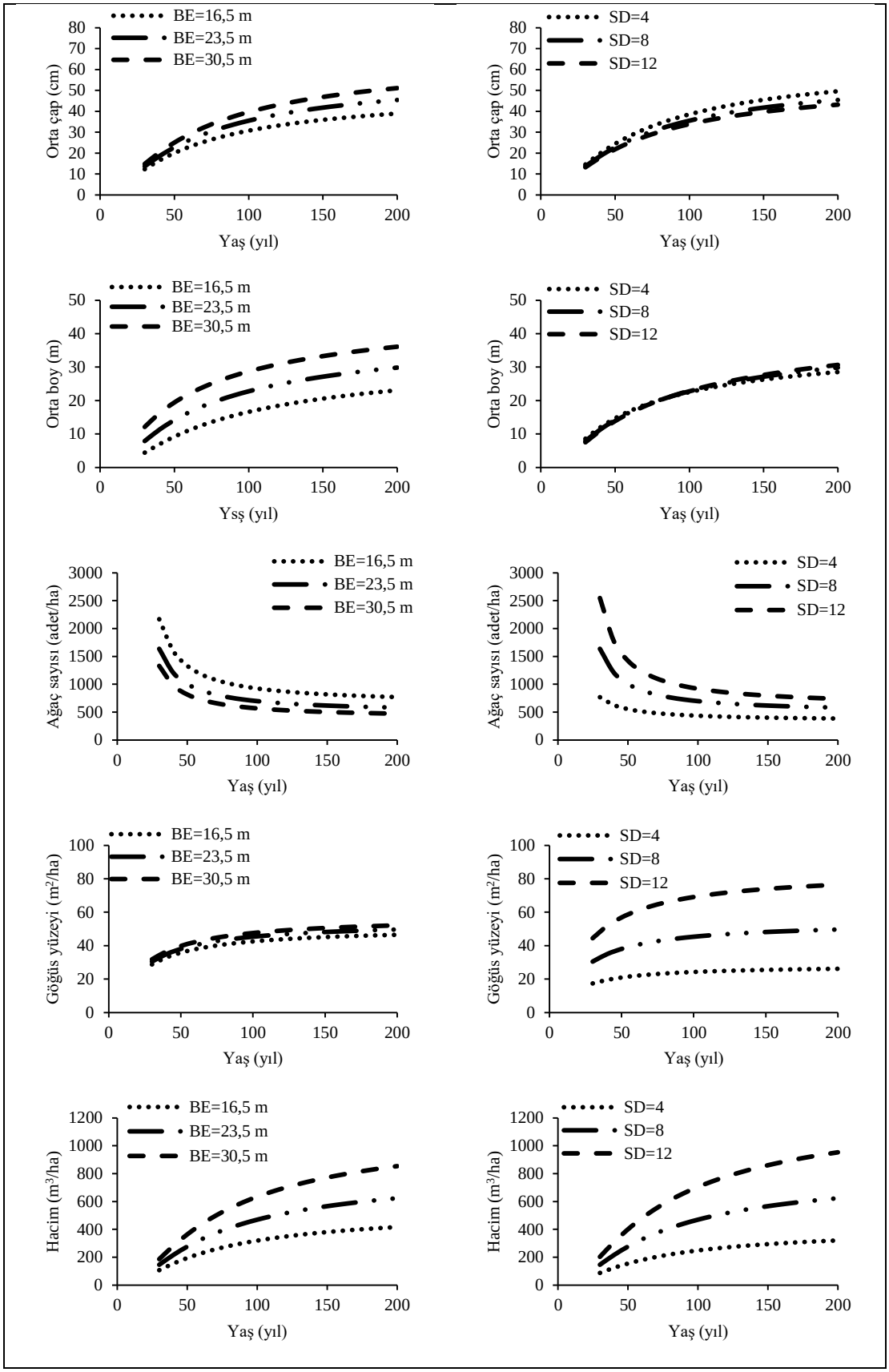
Şekil 3.12 Meşcere modellerine ilişkin tahmin ve hata grafikleri

Meşcere özelliklerine ilişkin tahminler sunan meşcere modellerinin büyüme kanuniyetleri açısından güvenilir tahminler sunup sunmadıklarını değerlendirmek amacıyla grafiksel incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim gibi meşcere özelliklerinin geliştirilen ekolojik tabanlı modeller ile yapılan tahminler meşcere yaşı, meşcere sıklığı ve meşcerenin yetişme ortamı verim gücüne bağlı olarak gösterdiği değişimler Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla Şekil 3.13, 3.14 ve 3.15'te verilmiştir. Meşcere özelliklerine ait grafiksel incelemelerin yapılabilmesi için, orta bonitete ilişkin BE=23,5 m değeri sabit tutularak yaş (0-200 yıllık değişim) ve sıklık derecelerine (SD=4, SD=8 ve SD=12 olmak üzere üç sıklık derecesi) göre değişimleri incelenmiştir. Benzer şekilde meşcere özelliklerine ilişkin değişimin yetişme ortamı verim gücü (BE=16,5 m; BE=23,5 m ve BE=30,5 m olmak üzere üç bonitet sınıfı) ve meşcere yaşına (0-200 yıllık değişim) göre değerlendirilebilmesi için SD=8 sabit olmak üzere grafikler oluşturulmuştur.

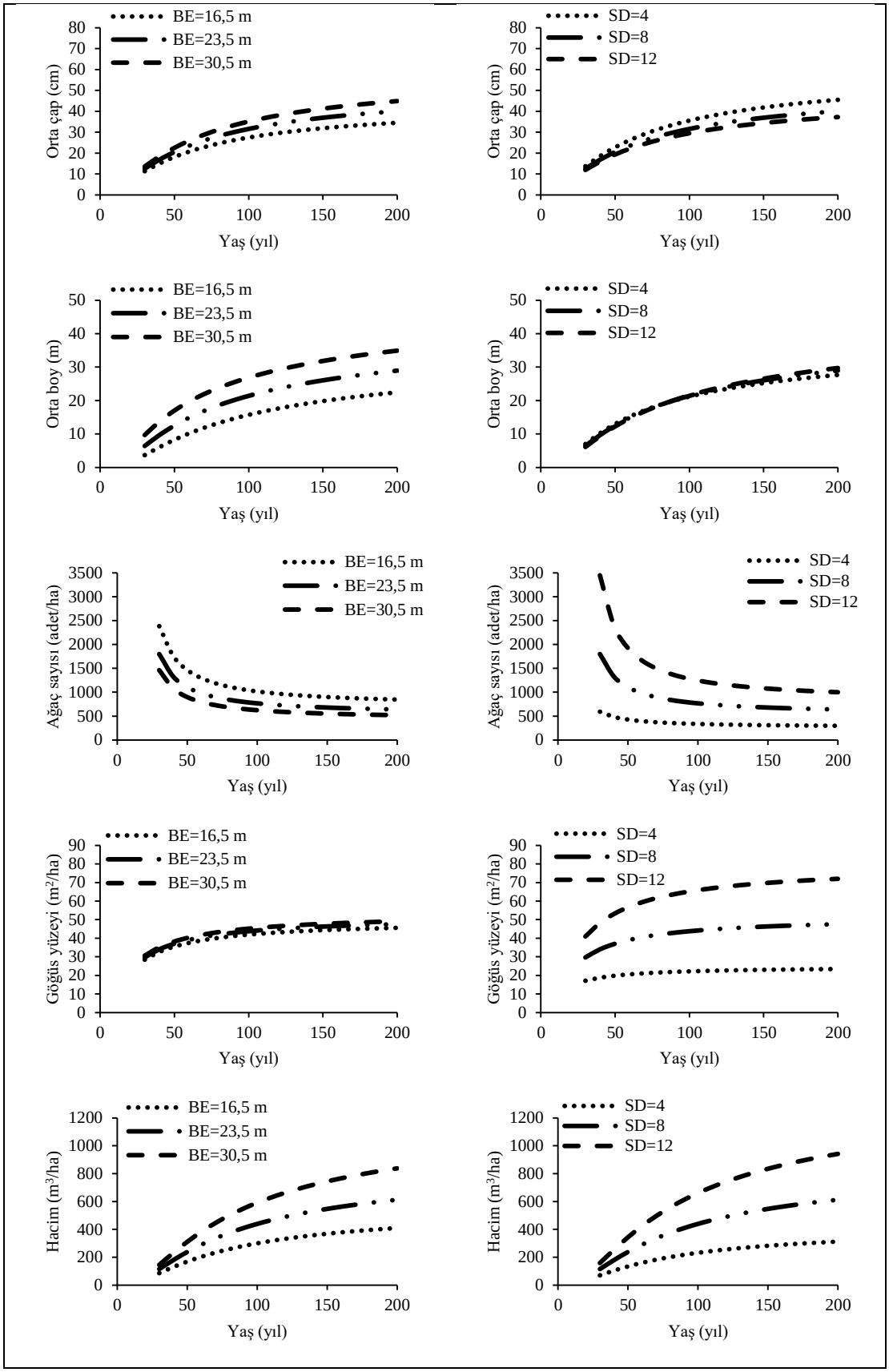
Şekillerde verilen grafikler incelendiğinde, her bir ekorejyon için modeller ile ortaya konulan meşcere ögelerine ilişkin gelişimlerin sıklık, bonitet ve yaş sınıflarına göre değişimleri büyüme kanuniyetleri çerçevesinde gerçekleşmektedir. Her üç ekorejyon için de sonuçlar temel yasalar ile uyumluluk göstermektedir. Modellere ilişkin tahminlerde sıklık derecesinin sabit tutulmasıyla orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim değerlerinin yaşla birlikte artması ve aynı yaştaki meşcereler için bu değerlerin iyi bonitetlerde daha yüksek olması temel yasalar ile paralel bir durum göstermektedir. Yani yetişme ortamı verim gücünün yükselmesiyle orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim eğrileri diğer bonitetlere göre daha yüksek bir trend izlemektedir. Fakat ağaç sayısı değişimlerinde tersi bir durum söz konusu olmakta ve sıklık sabit olmak üzere hektardaki ağaç sayısı yaşla birlikte azalmakta ve aynı yaştaki meşcereler için yüksek bonitete sahip meşcerelerde ağaç sayısı daha az olmaktadır. İyi bonitetlerde rekabetin yüksek olmasına bağlı olarak ağaç sayısında meydana gelen düşük değerler beklenen bir durumu sergilemektedir.

Modeller ile ortaya konulan meşcere öğelerine ilişkin tahminlerin sıklık derecelerine göre değişimleri incelendiğinde BE=23,5 m olarak sabit olmak üzere, orta çap değerleri düşük sıklığa sahip yani seyrek meşcerelerde daha yüksek değerler

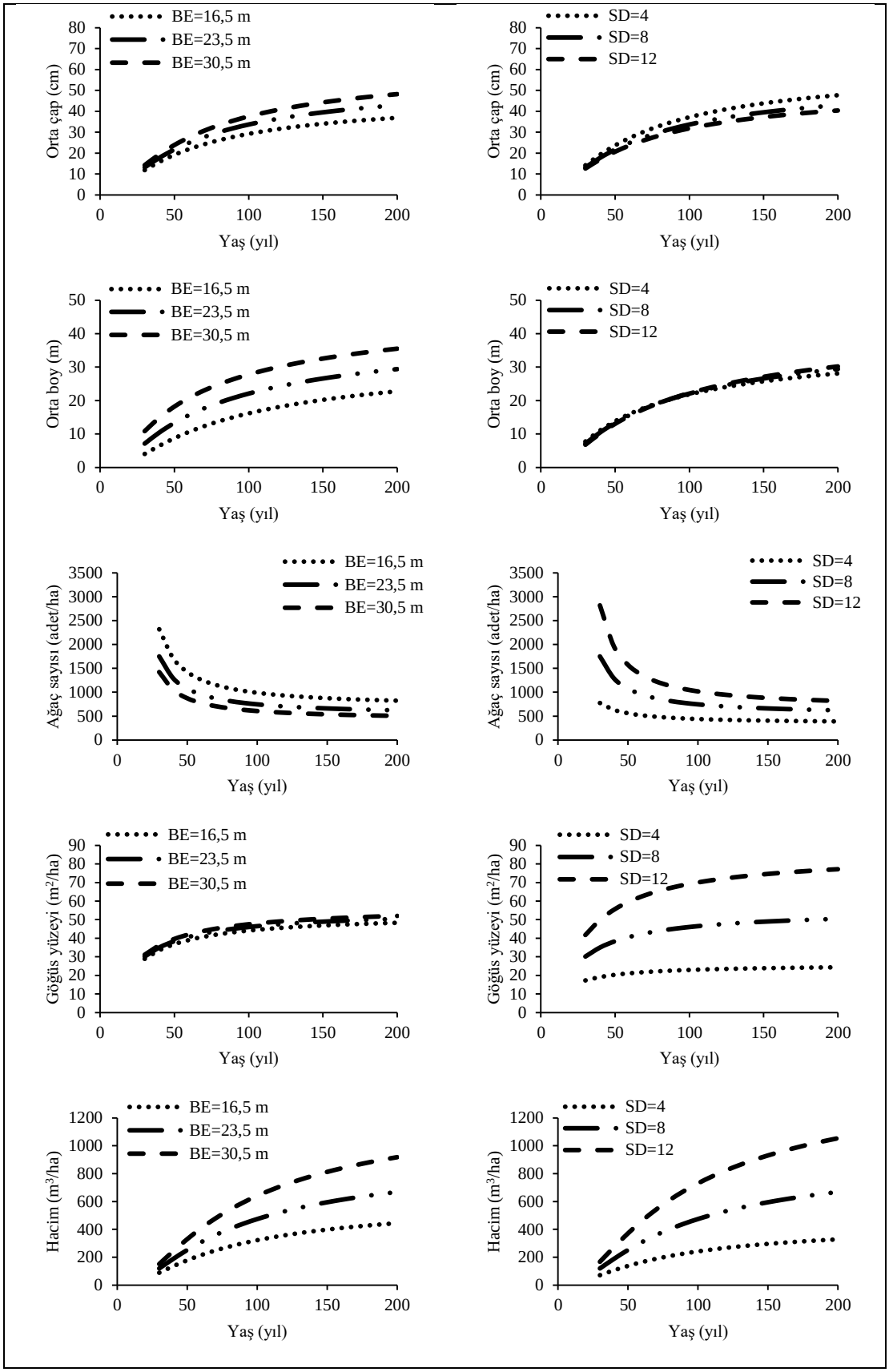
almaktadır. Sıklık derecesi arttıkça orta çap gelişimleri azalmaktadır, çünkü sıklık derecesinin artmasına bağlı olarak ortam daha fazla ağaç tarafından kullanılmakta ve orta çap gelişimleri düşük olmaktadır. Sıklık derecesine göre orta boy değerleri önemli bir değişim göstermemiştir. Meşcere ögelerinden ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerlerinin meşcere sıklık derecesinin artışı ile birlikte arttığı görülmektedir ve bu değişimler büyüme kanuniyetlerini yansıtmaktadır. Çünkü sıklık derecesinin artmasına bağlı olarak meşcere ortamında bulunan ağaçların sayısı artmaktadır. Ayrıca meşcerede bulunan ağaç sayısının artmasına bağlı olarak da meşceredeki ağaçların göğüs yüzeyi ve hacimlerinin toplamsal değerleri olmaları bakımından göğüs yüzeyi ve hacim değerleri artmaktadır.



Şekil 3.13 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 1)



Şekil 3.14 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 2)



Şekil 3.15 Meşcere ögelerinin yaş, bonitet ve sıklık sınıflarına göre değişimi (Ekorejyon 3)

Çalışma kapsamında geliştirilen ekolojik tabanlı ve karışık etkili meşcere modellerinin başarılarının ve uygunluklarının denetlenmesi amacıyla istatistiksel başarı ölçütleri, hata dağılımı ve büyüme kanuniyetlerine uygunlukları araştırılmış ve orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim modelleri için sırasıyla M4c, M2c, M3ac, M4bc ve M4bc bütün ekorejyonlar için biyolojik olarak gerçekçi tahminler sunmuştur. Her bir ekorejyon için karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak geliştirilen model formları aşağıda verilmiştir (Eşitlik 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 ve 3.19). İlgili modeller kullanılarak her bir ekorejyon için farklı tahminler elde edilecek ve ekorejyon farklılıklarının sebep olduğu olumsuzluklar giderilebilecektir. Logaritmik forma sahip orta çap (M4c), göğüs yüzeyi (M4bc) ve hacim modelleri (M4bc) için hesaplanan düzeltme faktörleri (*CF*) sırasıyla 1,001834; 1,000360 ve 1,000001'dir.

Orta çap modeli: (3.15)

Ekorejyon 1 için;

$$\ln d_q = \exp\left(1{,}1049 + \frac{-13{,}3498}{T} + (-0{,}0329)\ln SD + 0{,}1168\ln BE\right)$$

Ekorejyon 2 için;

$$\ln d_q = \exp\left(1{,}1049 + \frac{-13{,}3498}{T} + (-0{,}0490)\ln SD + 0{,}1168\ln BE\right)$$

Ekorejyon 3 için;

$$\ln d_q = \exp\left(1{,}1049 + \frac{-13{,}3498}{T} + (-0{,}0400)\ln SD + 0{,}1168\ln BE\right)$$

Orta boy modeli: (3.16)

Ekorejyon 1 için;

$$h_g = 5{,}1344\ BE^{(0{,}5671+32{,}3637/T)} SD^{(0{,}3995+(-1{,}7682)/\ln T)} \exp(-135{,}5128/T)$$

Ekorejyon 2 için;

$$h_g = 5{,}1344\ BE^{(0{,}5671+30{,}4079/T)} SD^{(0{,}3995+(-1{,}7682)/\ln T)} \exp(-135{,}5128/T)$$

Ekorejyon 3 için;

$$h_g = 5{,}1344\ BE^{(0{,}5671+31{,}4007/T)} SD^{(0{,}3995+(-1{,}7682)/\ln T)} \exp(-135{,}5128/T)$$

Ağaç sayısı modeli: (3.17)

Ekorejyon 1 için;

$N = 2084{,}7747\ BE^{-0{,}7958} SD^{(0{,}5058+17{,}5781/T)}$

Ekorejyon 2 için;

$N = 790{,}4597\ BE^{-0{,}7958} SD^{(1{,}0179+17{,}5781/T)}$

Ekorejyon 3 için;

$N = 1873{,}0513\ BE^{-0{,}7958} SD^{(0{,}5896+17{,}5781/T)}$

Göğüs yüzeyi modeli: (3.18)

Ekorejyon 1 için;

$$\ln G = \exp\left(0{,}6970 + \frac{(-4{,}7150)}{T} + (0{,}2585)\ln SD + 0{,}0479\ln BE\right)$$

Ekorejyon 2 için;

$$\ln G = \exp\left(0{,}6970 + \frac{(-5{,}1293)}{T} + (0{,}2559)\ln SD + 0{,}0479\ln BE\right)$$

Ekorejyon 3 için;

$$\ln G = \exp\left(0{,}6970 + \frac{(-6{,}0523)}{T} + (0{,}2665)\ln SD + 0{,}0479\ln BE\right)$$

Hacim modeli: (3.19)

Ekorejyon 1 için;

$$\ln V = \exp\left(1{,}0015 + \frac{-9{,}0182}{T} + 0{,}1575\ln SD + 0{,}1830\ln BE\right)$$

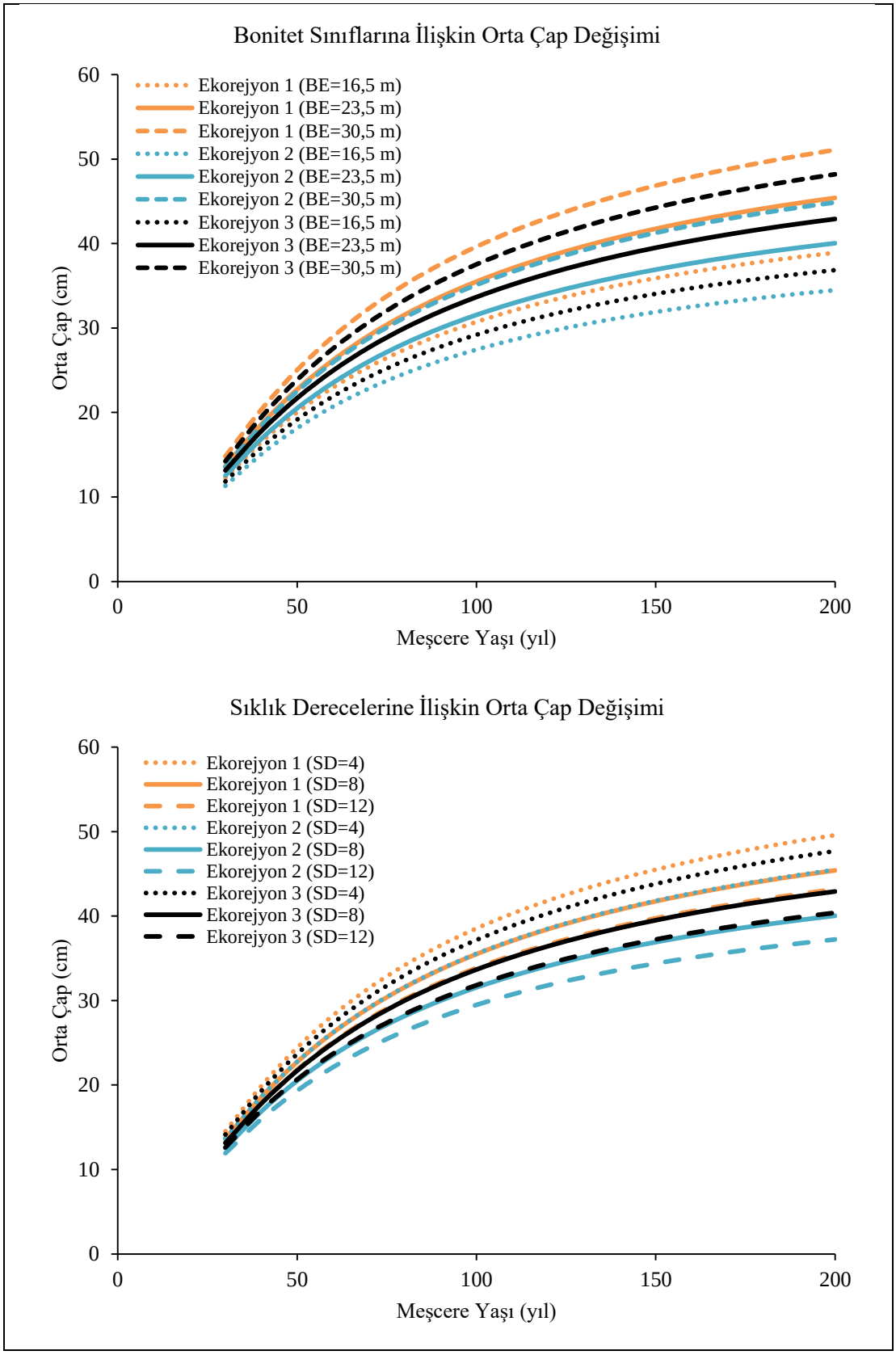
Ekorejyon 2 için;

$$\ln V = \exp\left(1{,}0015 + \frac{-10{,}6444}{T} + 0{,}1601\ln SD + 0{,}1830\ln BE\right)$$

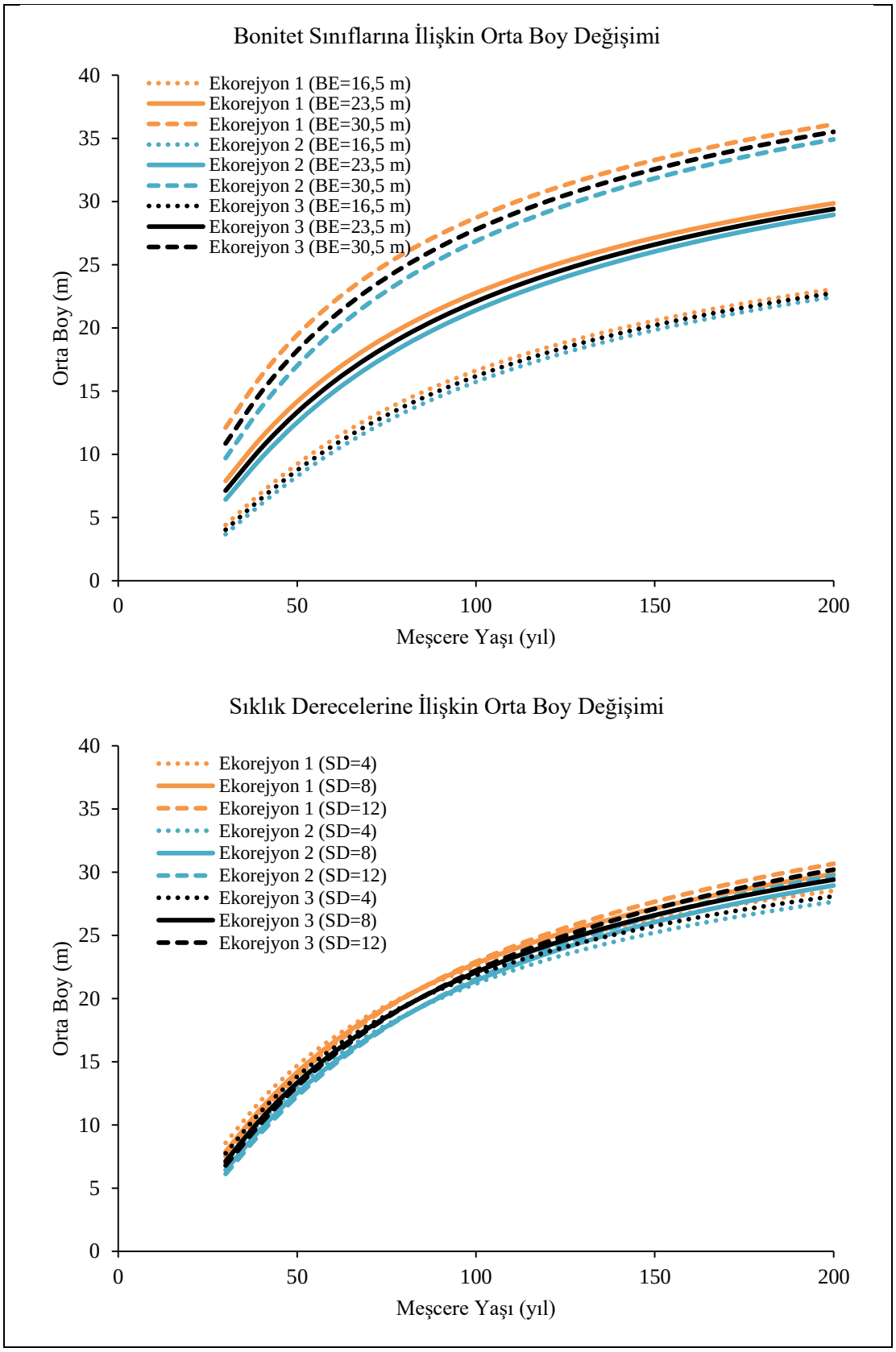
Ekorejyon 3 için;

$$\ln V = \exp\left(1{,}0015 + \frac{-10{,}8387}{T} + 0{,}1671\ln SD + 0{,}1830\ln BE\right)$$

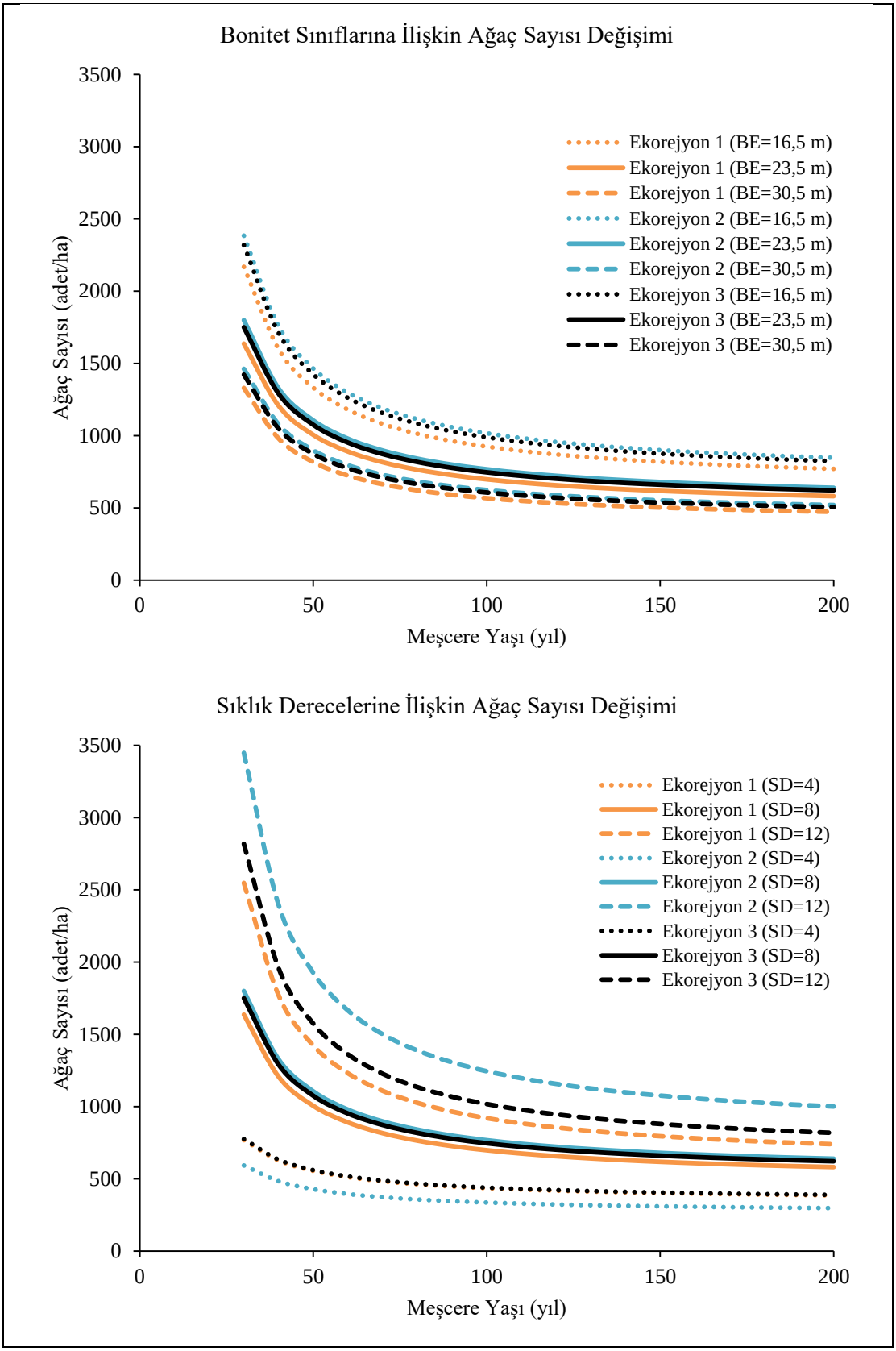
Meşcere öğelerine ilişkin olarak geliştirilen ekolojik tabanlı ve karışık etkili model yapıları ile ekolojik farklılıkların grafiksel olarak incelenmesi amacıyla orta çap (Şekil 3.16), orta boy (Şekil 3.17), ağaç sayısı (Şekil 3.18), göğüs yüzeyi (Şekil 3.19) ve hacim (Şekil 3.20) grafikleri düzenlemiştir. Bu amaçla meşcere ögelerinin yaş, sıklık ve bonitet sınıflarına göre değişimleri her bir ekorejyon için tek grafikte toplanmıştır. Orta bonitete bağlı olarak üç sıklık derecesi ve orta sıklık derecesine bağlı olarak üç bonitet sınıfının yaşa bağlı olarak değişimleri ortaya konulmuştur.



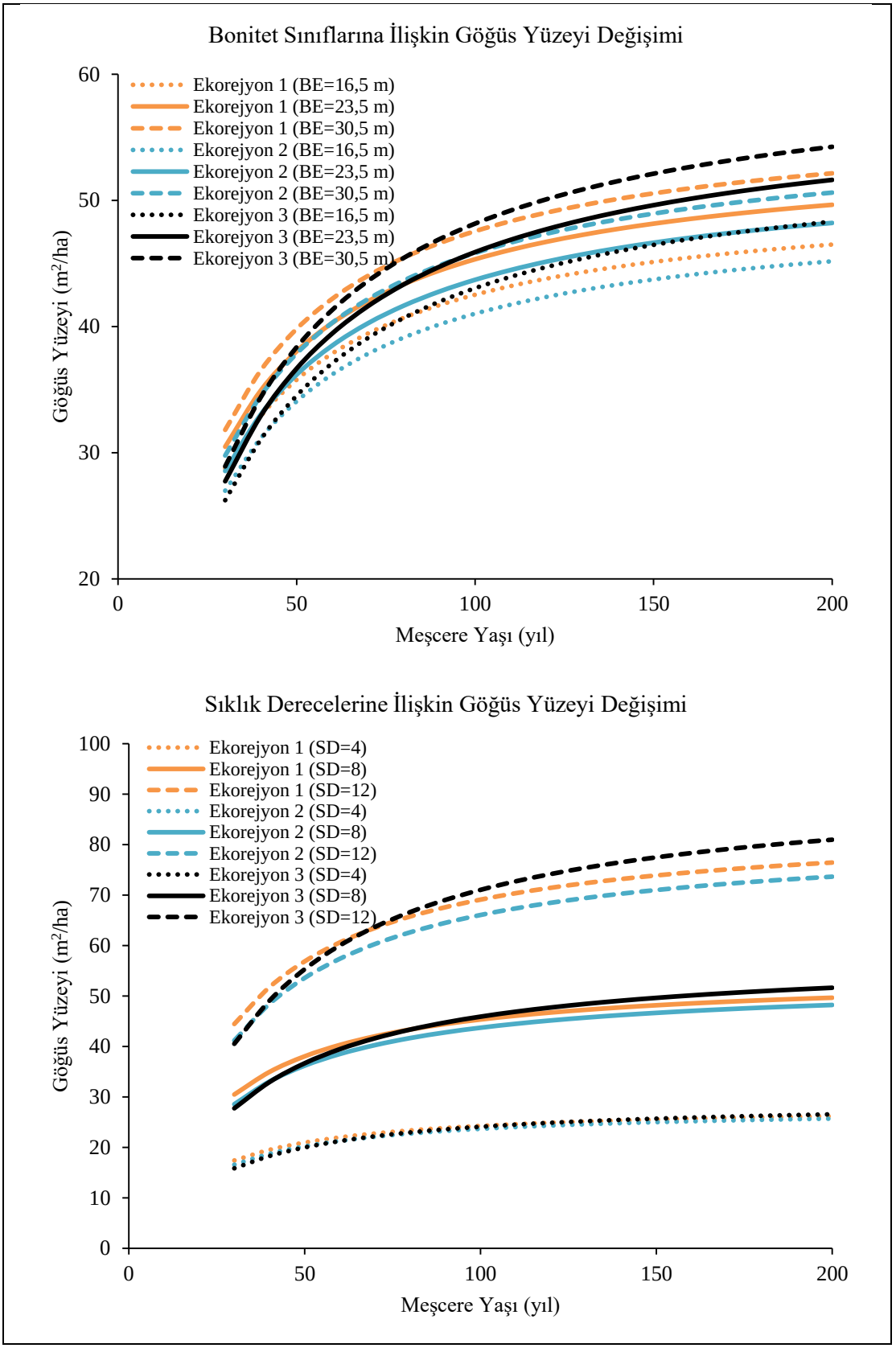
Şekil 3.16 Ekorejyonlarda orta çap değişimleri



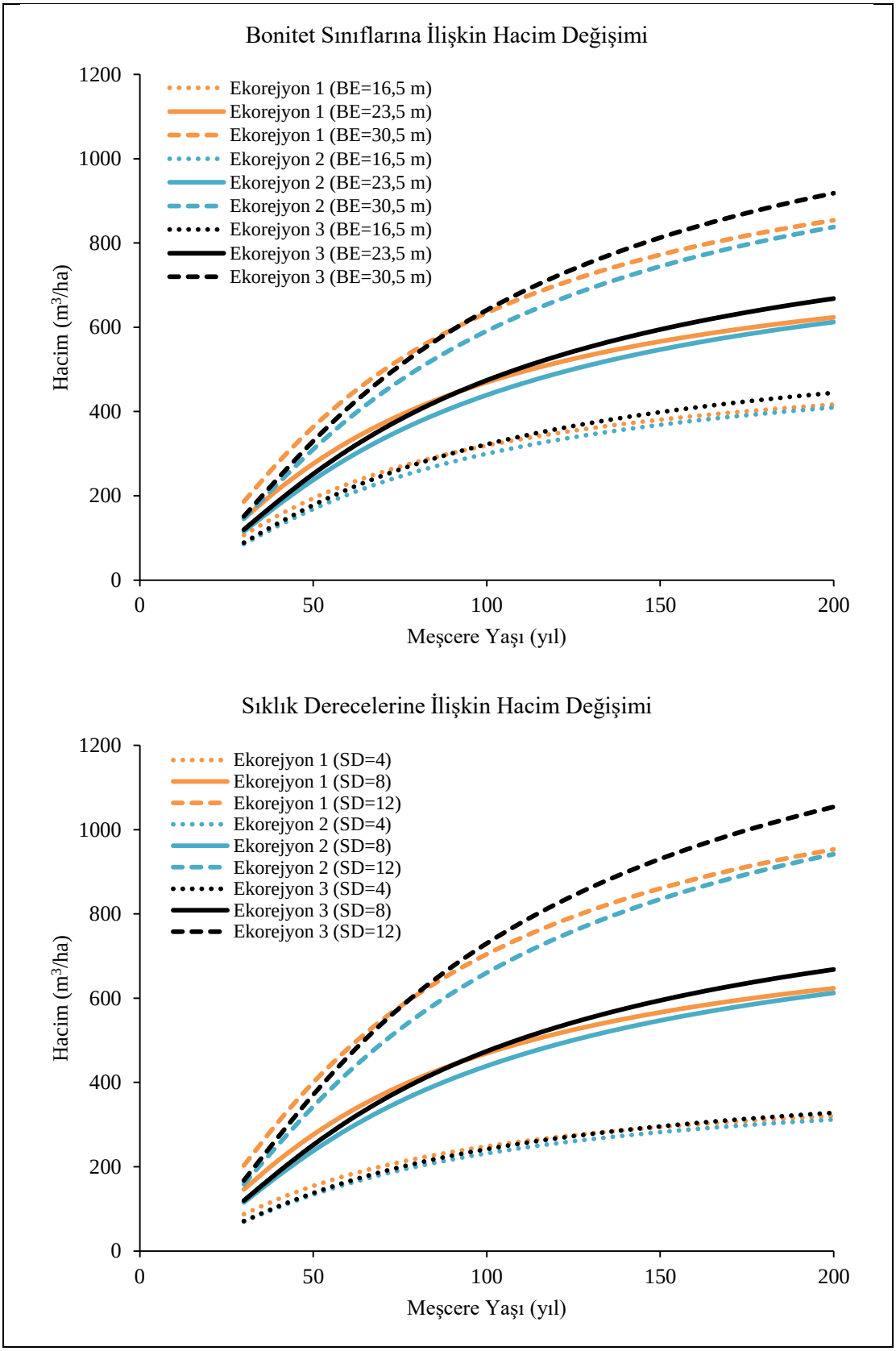
Şekil 3.17 Ekorejyonlarda orta boy değişimleri



Şekil 3.18 Ekorejyonlarda ağaç sayısı değişimleri



Şekil 3.19 Ekorejyonlarda göğüs yüzeyi değişimleri



Şekil 3.20 Ekorejyonlarda hacim değişimleri

Şekil 3.16'da, ekorejyonlar arası orta çap farklılıkları incelenmiş olup Ekorejyon 1'e ilişkin orta çap tahminlerinin tüm bonitet sınıfları için en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Ekorejyon 3'e ilişkin orta çap değerleri ikinci sırada yer almış ve Ekorejyon 2 en düşük orta çap değerlerine sahip olmuştur. Ekorejyon 1'in orta bonitet sınıfında tahmin edilen orta çap değerleri Ekorejyon 2'nin iyi bonitet sınıfından daha yüksek değerler almıştır. Farklılıklar genç yaşlarda az iken ilerleyen yaşlarda yüksek değerlere ulaşmıştır. Orta çap değişimleri sıklık sınıfları bakımından da farklılıklar göstermektedir. Şekil incelendiğinde tüm sıklık derecelerinde Ekorejyon 1'in orta çap değerleri bakımından en yüksek gelişime sahip olduğu görülmektedir. Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 sırasıyla ikinci ve üçüncü sıraları almışlardır. Bunun yanında Ekorejyon 1'e ilişkin SD=4'ün diğer ekorejyonlara ait sıklık sınıflarına üstünlük sağlamasının yanında SD=8 ve SD=12'nin dahi diğer ekorejyonlara ait düşük sıklık sınıflarına üstünlük sağladığı görülmektedir. Bu incelemeler sonucunda orta çap tahminleri bakımından en iyi gelişimden en kötüye doğru Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 olarak sıralanabilir.

Şekil 3.17 incelendiğinde Ekorejyon 1'e ilişkin orta boy değerlerinin diğer ekorejyonlardan yüksek değerler aldığı ve orta çapa paralel olarak Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2'nin Ekorejyon 1'i takip ettiği görülmektedir. Tüm bonitet sınıflarında bahsedilen değişim gözlenmektedir. Farklılıklar I. bonitetlerde nispeten fazla iken III. bonitetlerde daha az gözlenmiştir. Sıklık dereceleri bakımından farklılıkların daha az olduğu görülmekle birlikte Ekorejyon 1'de orta boy değerleri nispeten daha yüksektir. Genç yaşlarda farklılaşma az iken standart yaştan sonra nispeten daha fazla olmaktadır. Orta boy için gelişim bakımından ekorejyonların sıralaması Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 olarak yapılabilmektedir.

Ağaç saylarına ilişkin değerlerin ekorejyonlar bazında karşılaştırıldığı Şekil 3.18 incelendiğinde en yüksek ağaç sayısı değerlerinin Ekorejyon 2'de gözlendiği ve onu sırasıyla Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 1'in izlediği görülmektedir. I., II. ve III. bonitetlerde aynı değişim gözlenmiştir. Ekorejyonlar arası ağaç sayısı değerleri bakımından farklılıkların III. bonitetlerde nispeten daha fazla olduğu görülmektedir. Ağaç sayısı değerleri bakımından Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 arasındaki farklılıkların çok daha az olduğu görülürken, Ekorejyon 1'in diğer ekorejyonlardan

oldukça az ağaç sayısı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Ağaç sayılarının sıklık sınıflarına göre değişimleri incelendiğinde SD=12 sıklık sınıfında farklılıkların oldukça fazla olduğu görülmekle birlikte SD=8 için farklılıklar SD=12 ve SD=4'e göre oldukça azdır. Ekorejyon 2'deki ağaç sayısı değerlerinin SD=12 ve SD=8 için diğer ekorejyonlardan yüksek olduğu, SD=12'de diğer ekorejyonlardan önemli ölçüde farlılık gösterdiği görülmektedir. Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 arasındaki farklılıklar nispeten daha azdır. SD=8 için ağaç sayısı değerleri birbirine oldukça yakın olup Ekorejyon 2'de en yüksek Ekorejyon 1'de en düşüktür. Ekorejyonlar arası ağaç sayıları bakımından SD=4 için diğer sıklık sınıflarından farklı bir eğilim gözlenmiş ve Ekorejyon 2 en düşük ağaç sayısı değerlerine sahip olmuş, Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 daha yüksek ve benzer değerlerde ağaç sayısına sahip olmuşlardır.

Ekorejyonlara ilişkin göğüs yüzeyi değerlerinin karşılaştırıldığı Şekil 3.19 incelendiğinde, ilk ve orta yaşlarda Ekorejyon 1'e ilişkin göğüs yüzeyi değerlerinin diğer ekorejyonlardan yüksek olduğu, onu sırasıyla Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2'nin izlediği görülmektedir. İlk yıllarda iyi ve orta bonitetlerdeki göğüs yüzeyi değerlerinin diğer ekorejyonlara ait iyi bonitetlere ilişkin göğüs yüzeyi değerlerinden dahi yüksek olduğu görülmektedir. Standart yaştan sonraki dönemde ise Ekorejyon 3'e ilişkin göğüs yüzeyi değerleri daha yüksek değerleri almış olup, onu sırasıyla Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2 izlemiştir. Bonitetelere göre ekorejyonlar arasındaki göğüs yüzeyi değişimi standart yaştan önce yüksekten düşüğe doğru Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 olarak, standart yaştan sonra ise Ekorejyon 3, Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2 olarak sıralanmaktadır. Ekorejyon 2 göğüs yüzeyi bakımından diğer ekorejyonlara göre düşük değerler almıştır. Sıklık derecelerine göre ekorejyonlar arası göğüs yüzeyi değişimleri incelendiğinde, ilk yaşlarda Ekorejyon 1'e ilişkin değerlerin yüksek olduğu ve Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2'nin sırasıyla Ekorejyon 1'i izlediği görülmektedir. Orta ve ileri yaşlarda ise Ekorejyon 3'e ilişkin göğüs yüzeyi değerleri en yüksek değerleri almış ve onu sırasıyla Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2 izlemiştir. Ekorejyon 2'ye ilişkin değerler ilk yaşlardan ilerleyen yaşlara kadar en düşük değerleri almıştır. İlerleyen yaşlarda ekorejyonlar arası göğüs yüzeyi farklılıklarının hem bonitet hem de sıklık sınıfları için daha fazla olduğu söylenebilir.

Şekil 3.20 incelendiğinde, ekorejyonlar arasında bonitete sınıflarına göre hacim tahminleri bakımından farklılıkların ilk yıllarda nispeten daha az olduğu ve ilerleyen yıllarda arttığı ve bu farklılıkların I. bonitetlerde III. bonitetlere kıyasla daha fazla olduğu söylenebilir. Standart yaştan önce hacim bakımından tahminlerin Ekorejyon 1'de daha yüksek olduğu ve ardından Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2'nin geldiği görülmektedir. Standart yaştan sonra Ekorejyon 3'e ilişikin hacim tahminlerinin diğer ekorejyonlardan yüksek olduğu ve onu sırasıyla Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2'nin takip ettiği görülmektedir. Ekorejyonlar arasındaki hacim tahminine ilişkin farklılıklar sıklık sınıfları bakımından incelendiğinde, ilk yaşlarda Ekorejyon 1'in en yüksek değerlere sahip olduğu ve ardından Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2'ye ilişkin değerlerin geldiği görülmektedir. Orta ve ileri yaşlarda ise Ekorejyon 3'e ilişkin tahminler daha yüksek değerlere sahip olmaktadır. Ekorejyon 2'ye ilişkin tahminler tüm yaş, bonitet ve sıklık sınıfları için en düşük tahmin değerlerine sahip olmaktadır. Hacim tahmini bakımından ekorejyonlar arası farklılıklar SD=12 için daha fazla iken SD=4 için daha az görülmektedir. I. ve II. bonitetlerde III. bonitete göre ekorejyonlar arasındaki trend farkılıları daha belirgin olmaktadır. I. ve II. bonitetlerde meydana gelen trend farklılıklarının Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'ün yetişme ortamı özellikleri ve ekolojik özellikler bakımından Ekorejyon 2'ye göre sarıçam meşcerelerinin gelişimine daha fazla katkı sağlamasından ileri geldiği söylenebilir.

İstatistiksel değerlendirmeler ve grafiksel incelemeler sonucunda ekorejyonlar arasında meşcere özelliklerine ilişkin tahminler bakımından anlamlı farklılıkların olduğu ortaya konulmuş olup her bir ekorejyon için farklı tesadüfi etki parametresine sahip ekolojik tabanlı ve karışık etkili meşcere modelleri kullanılarak her ekorejyona ait veri seti aracılığıyla tahminler yapılmış ve hata ortalamaları ile hata yüzdesi değerleri hesaplanmıştır. Her bir ekorejyon için yapılan tahminlerin yanında ekolojik farklılıkları dikkate almadan da indirgenmiş modeller yardımıyla tahminler yapılmış ve hata değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.47, 3.48, 3.49, 3.50 ve 3.51). Orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim modellerinin ekolojik farklıkları dikkate almadan ya da bir ekorejyona ait modelin farklı bir ekorejyonda kullanılması durumlarında meydana gelebilecek hata miktarları hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Tablo 3.47 incelendiğinde her bir ekorejyon için geliştirilen denklemlere bağlı olarak yapılan orta çap tahminlerinde hata yüzdeleri Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla %1,14; %0,31 ve %1,10 olarak hesaplanmıştır. Ekorejyon farklılıklarını dikkate almadan tahminler sunan indirgenmiş modellerin kullanılması durumunda orta çap tahminlerinde mutlak hata yüzdesi değerleri Ekorejyon 1 için %4,6; Ekorejyon 2 için %6,4 ve Ekorejyon 3 için %1,8 olarak hesaplanmış olup ekorejyon farklılıklarını dikkate almamak tahminlerde önemli hatalara sebebiyet vermektedir. Ekorejyonlara özgü modellerin ait olduğu ekorejyondan farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda yine mutlak hatalarda önemli artışlar söz konusu olmakta ve bu artışlar pozitif yönde %10,68'den negatif yönde %10,74'e değişmektedir. Ekorejyon 1'e ait veri grubuna ilişkin orta çap tahminlerinin Ekorejyon 2'ye ait modellerle yapılması önemli miktarda hataya neden olmaktadır. Ekorejyon 3'e ilişkin modellerin kullanılmasında ise hata miktarı %5,54 olmaktadır. Ekorejyon 2'de yer alan meşcerelere ilişkin yapılan orta çap tahminlerinde en yüksek hatalar Ekorejyon 1'e ait modellerin kullanılmasıyla ortaya çıkmış (%10,74) olup, Ekorejyon 3'e ait modelin mutlak hata miktarı %5,63'tür. Ekorejyon 2'ye ait meşcerelerde orta çap tahmini için diğer ekorejyonlara ait modellerin kullanılması, orta çapların olduğundan fazla tahmin edilmesine sebep olmaktadır. Ekorejyon 3'te yer alan meşcerelere ilişkin orta çap tahminlerinde en yüksek hata yüzdesi değerleri Ekorejyon 2'ye ait modelin kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Ekorejyon 3'te yer alan meşcerelerin orta çap tahminlerinde Ekorejyon 1'e ait modelin kullanılmasıyla orta çaplar olduğunda fazla tahmin edilmektedir.

Tablo 3.47 Orta çap tahminlerine ilişkin hata değerleri

Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen orta çap ortalaması (m)	Tahmini orta çap ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	68	25,5	24,3	1,17	4,60
E1				25,2	0,29	1,14
E2				22,8	2,72	10,68
E3				24,1	1,41	5,54
İndirgenmiş	E2	73	24,6	26,1	-1,57	-6,41
E1				27,2	-2,64	-10,74
E2				24,5	0,08	0,31
E3				25,9	-1,38	-5,63
İndirgenmiş	E3	151	26,6	26,1	0,48	1,81
E1				27,3	-0,78	-2,94
E2				24,6	1,95	7,33
E3				26,3	0,29	1,10

Tablo 3.48 incelendiğinde her ekorejyona ilişkin modeller ile yapılan orta boy tahminlerinde mutlak hata yüzde miktarları %0,30 ile 0,71 arasında değişmektedir. Her ekorejyon için ortak parametre değerlerine sahip indirgenmiş modeller kullanılarak yapılan tahminler için hata miktarları Ekorejyon 1 için %4,31; Ekorejyon 2 için %3,86 ve Ekorejyon 3 için %0,61 olarak hesaplanmış olup bu değerlerin ekorejyonlara özgü modellerin hata miktarlarından önemli oranda yüksek olduğu görülmüştür. Her ekorejyona özgü modellerin farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda hata miktarları daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Ekorejyon 1'e ait veri grubuna ilişkin orta boy tahminlerinde Ekorejyon 2'ye ait modellerin kullanılması durumunda %9,17'lik bir mutlak hata yüzdesi ortaya çıkmaktadır. Ekorejyon 2'ye ait veri grubunda yer alan meşcerelere ilişkin orta boy tahmininde Ekorejyon 1'e ait modellerin kullanılması durumunda %9,87'lik ve Ekorejyon 3'e ilişkin model ile tahmin yapılması durumunda ise %4,5'lik bir mutlak hata miktarı ortaya çıkmaktadır. Ekorejyon 3'a ait veri grubuna Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2'ye ait modellerin kullanılması durumunda ise sırasıyla %4,77 ve %5,21'lik mutlak hata miktarları ile karşılaşılmıştır.

Tablo 3.48 Orta boy tahminlerine ilişkin hata değerleri

Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen orta boy ortalaması (m)	Tahmini orta boy ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	68	15,4	14,7	0,66	4,31
E1				15,5	-0,05	-0,31
E2				13,9	1,41	9,17
E3				14,7	0,69	4,52
İndirgenmiş	E2	73	16,2	16,8	-0,63	-3,86
E1				17,80	-1,60	-9,87
E2				16,1	0,11	0,71
E3				16,9	-0,73	-4,50
İndirgenmiş	E3	151	17,2	17,1	0,10	0,61
E1				18,0	-0,82	-4,77
E2				16,3	0,89	5,21
E3				17,1	0,05	0,30

Ağaç sayısı tahmininde her ekorejyona özgü modelin kullanılması ile hata miktarları %0,01 ila %3,14 arasında değişmiştir (Tablo 3.49). Hata miktarları Ekorejyon 3'te oldukça düşük iken diğer iki ekorejyonda biraz daha yüksektir. Ekorejyon farklılıklarını dikkate almadan tahmin sunan indirgenmiş modeller kullanılması durumunda hata miktarları Ekorejyon 1 için %8,22; Ekorejyon 2 için %7,01 ve

Ekorejyon 3 için %5,62 olarak yüksek değerlere sahip olmuştur. Herhangi bir ekorejyona ait modelin farklı bir bölgede kullanılması durumunda hata miktarları oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Ekorejyon 1'de Ekorejyon 2'ye ait modelle tahmin yapılması durumunda %16,38'lik bir mutlak hata miktarı ortaya çıkmaktadır. Ekorejyon 2'ye ilişkin ağaç sayısı tahminlerinde Ekorejyon 1'e ait modelin kullanılmasıyla %19,12'lik ve Ekorejyon 3'e ait modelin kullanılmasıyla da %12,65'lik mutlak hata oluşmaktadır. Ağaç sayısı tahminlerinde ekolojik farklılıkların dikkate alınmaması önemli hatalara sebep olmaktadır.

Tablo 3.49 Ağaç sayısı tahminlerine ilişkin hata değerleri

Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen ağaç sayısı ortalaması (m)	Tahmini ağaç sayısı ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	68	1265	1369	-103,98	-8,22
E1				1233	32,30	2,55
E2				1473	-207,28	-16,38
E3				1333	-67,76	-5,36
İndirgenmiş	E2	73	1272	1183	89,19	7,01
E1				1029	243,30	19,12
E2				1232	40,01	3,14
E3				1111	160,97	12,65
İndirgenmiş	E3	151	1011	1068	-56,86	-5,62
E1				940	71,39	7,06
E2				1091	-79,74	-7,88
E3				1011	0,14	0,01

Tablo 3.50 incelendiğinde göğüs yüzeyi tahmininde ekorejyona özgü modellerin kullanılmasıyla mutlak hata miktarları Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla %0,58; %0,52 ve %0,25 olarak hesaplanmıştır. İndirgenmiş modellerin kullanılmasıyla oluşan mutlak hata miktarları ise Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla %2,33; %3,75 ve %0,45 olarak hesaplanmış olup bu modellerin kullanılmasıyla hata miktarlarının daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Herhangi bir ekorejyona özgü bir modelin farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda ise yaklaşık %6'lara ulaşan mutlak hata miktarları gözlenmektedir. En yüksek hata miktarları Ekorejyon 1'e ilişkin modelin Ekorejyon 2'ye ilişkin tahminlerde (%5,85) ve Ekorejyon 2'ye ait modelin Ekorejyon 1'e ilişkin tahminlerde (%5,76) kullanılması sonucu ortaya çıkmıştır.

Tablo 3.50 Göğüs yüzeyi tahminlerine ilişkin hata değerleri

Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen göğüs yüzeyi ortalaması (m)	Tahmini göğüs yüzeyi ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	68	38,7	37,8	0,90	2,33
E1				38,5	0,22	0,58
E2				36,5	2,23	5,76
E3				37,5	1,15	2,97
İndirgenmiş	E2	73	38,8	40,2	-1,45	-3,75
E1				41,0	-2,27	-5,85
E2				39,0	-0,20	-0,52
E3				40,2	-1,47	-3,80
İndirgenmiş	E3	151	39,8	39,6	0,18	0,45
E1				40,4	-0,60	-1,51
E2				38,3	1,49	3,73
E3				39,7	0,10	0,25

Hacim tahminlerinde ekorejyonlara özgü modellerin kullanılması ile mutlak hata yüzdesi miktarları %0,8'den %1,19'a değişmektedir. Ekorejyonlar arası farklılıkları dikkate almadan tahmin sunan indirgenmiş modellerin kullanılması durumunda ise mutlak hata miktarları yaklaşık %9'lara çıkmakta ve hata yüzde değerlerinin oldukça yüksek miktarlara ulaştığı görülmektedir (Tablo 3.51). Bir ekorejyona özgü bir modelin farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda ise mutlak hata yüzdesi miktarları yaklaşık %2,7 ile %13,8 arasında değişmektedir. Ekorejyon 1'e ilişkin hacim tahminlerinde Ekorejyon 2'ye ait modelin kullanılması durumunda mutlak hata yüzdesi değeri %10,99 olmakta, Ekorejyon 3'e at modelin kullanılması durumunda ise %4,33 olmaktadır. Ekorejyon 2'ye ilişkin hacim tahminlerinde Ekorejyon 1'e ait denklemin kullanılması ile mutlak hata değeri %13,81 olurken, Ekorejyon 3'e ait denklemin kullanılması durumunda %8,25 olmaktadır. Ekorejyon 3'e ait tahminlerde Ekorejyon 1'e ait model ile tahmin %2,69'luk, Ekorejyon 2'ye ait denklem ise %8,06'lık mutlak hatalara sebep olmaktadır. Ekorejyon farklılıklarının dikkate alınmaması önemli hatalara sebep olmaktadır.

Tablo 3.51 Hacim tahminlerine ilişkin hata değerleri

Model Yapısı	Tahmin Ekorejyonu	n	Ölçülen hacim ortalaması (m)	Tahmini hacim ortalaması (m)	Ortalama Hata (m)	Hata Yüzdesi (%)
İndirgenmiş	E1	68	301,6	289,9	11,65	3,86
E1				299,1	2,42	0,80
E2				268,4	3,14	10,99
E3				288,5	13,05	4,33
İndirgenmiş	E2	73	307,3	333,6	-26,22	-8,53
E1				349,8	-42,44	-13,81
E2				310,2	-2,85	-0,93
E3				332,7	-25,37	-8,25
İndirgenmiş	E3	151	343,6	338,9	4,65	1,35
E1				352,8	-9,25	-2,69
E2				315,9	27,70	8,06
E3				339,5	4,09	1,19

Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerine ilişkin ekolojik tabanlı modeller ile indirgenmiş modeller kullanılarak hata yüzde değerleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Ekorejyon farklılıklarını dikkate almadan yapılan tahminlerde hata miktarları yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Ülkemizde karaçam ağaç türü için Seki (2020) tarafından yapılan çalışmada da ekolojik farklılıkları dikkate almadan yapılan meşcere hacim elamanlarına ilişkin tahminlerde bu çalışmada olduğu gibi önemli hataların olduğu ve bu hataların özellikle bir ekorejyona özgü modelin farklı bir ekorejyonda kullanılması sonucunda arttığı ortaya konulmuştur. Görülmektedir ki, meşcere gelişimi üzerinde meşcere yaşı, meşcere sıklığı ve yetişme ortamı verim gücü ile birlikte ekorejyon farklılıkları da önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple; geliştirilen modeller meşcere öğelerine ilişkin tahminler elde edilmesi ve ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tablolarının düzenlenmesinde oldukça önemli bir araç olarak ülkemiz ormancılığına hizmet edecektir.

3.1.4 Ayrılan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Kalan meşcere ögelerinin hesaplamasından sonra ayrılan meşcereye ilişkin ögelerin de hesaplanması gerekmektedir. Ayrılan meşcerelerde meşcere hacmi ve ağaç sayısı değerleri dikkate alınmaktadır. Ayrılan meşcere hacminin hesaplanması amacıyla her bir örnek alanda yer alan mağlup ağaçların orta çapları ile kalan meşcereye ilişkin orta çaplar arasındaki ilişki ortaya konulmuş olup ilgili eşitlik aşağıda verilmiştir (Eşitlik 3.20):

$$\ln d_{q_{ayrılan}} = 0{,}8943 * \ln d_{q_{kalan}} - 0{,}2271 \quad (3.20)$$

(R^2=0,725; *CF*=1,026114)

Orta çaplar arasındaki ilişki araştırıldıktan sonra kalan ve ayrılan meşcerelere ilişkin orta boylar arasındaki ilişki araştırılmış ve aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir (Eşitlik 3.21):

$$\ln h_{g_{ayrılan}} = 0{,}9514 * \ln h_{g_{kalan}} - 0{,}3274 \quad (3.21)$$

(R^2=0,780; *CF*=1,016650)

Kalan ve ayrılan meşcere orta çap ve orta boyları yardımıyla geliştirilen eşitlikler kullanılarak ilgili yaştaki ayrılan meşcere orta ağacının çap ve boy değerleri hesaplanmış ve bu değerler yardımıyla da Şenyurt (2011) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılarak ayrılan meşcere orta ağacına ilişkin hacim değerleri tahmin edilmiştir. İlgili yaş basamağında yer alan ayrılan meşcereye ilişkin ağaç sayısı değerleri ile orta ağaca ilişkin hacim değeri çarpılmış ve periyodik ayrılan meşcere hacmi hesaplanmıştır.

3.1.5 Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu

Kalan ve ayrılan meşcere elemanlarına ilişkin modellerin geliştirilmesiyle hasılat tablosunun ilgili kısımları oluşturulmuştur. Ayrıca hasılat tablosuna ilişkin diğer ögelerin de hesaplanması amacıyla Eşitlik 2.9-2.14 kullanılmış ve tablonun ilgili kısımları düzenlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan istatistiksel ve grafiksel değerlendirmeler sonucunda Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerinde meşcere ögelerinin ekorejyonlar arası farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuş olup bu sebeple sıklığa bağlı hasılat tablosu her bir ekorejyon için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Bu amaçla 3 farklı ekorejyon, 3 farklı bonitet sınıfı (I, II ve III), 3 farklı sıklık sınıfı (4, 8 ve 12) ile 10 yıllık yaş basamaklarına (40-150 yıl) bağlı olarak kalan meşcere, ayrılan meşcere ve hasılat tablosuna ilişkin diğer özellikler hesaplanarak ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tablosu düzenlenmiştir (EK B).

Sıklığa bağlı hasılat tablosunun oluşturulmasından sonra genel meşcere hacminin (GMH) sıklık ve bonitet sınıfları ile yaşa bağlı olarak değişimi ekorejyonlar bazında incelenmiş ve ekorejyonlar için sırasıyla Tablo 3.52, 3.53, 3.54 ve Şekil 3.21, 3.22, 3.23'te verilmiştir.

Tablo 3.52 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 1)

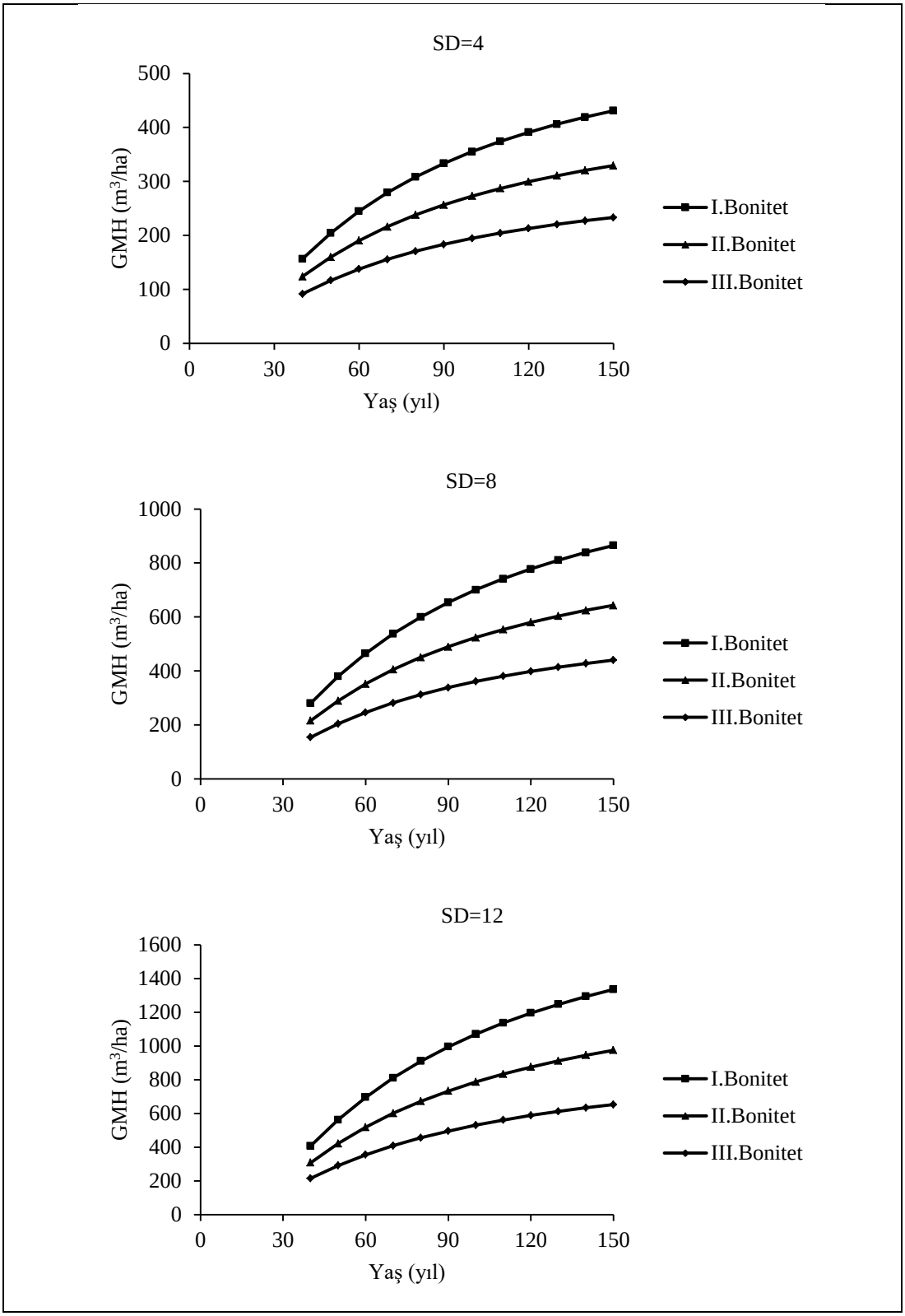
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel Meşcere Hacmi (m^3/ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	156,5	123,6	91,4
	50	204,3	159,8	116,6
	60	244,8	190,3	137,7
	70	279,1	216,0	155,4
	80	308,3	237,8	170,4
	90	333,4	256,6	183,3
	100	355,2	272,8	194,5
	110	374,2	287,0	204,2
	120	391,0	299,4	212,7
	130	405,8	310,5	220,3
	140	419,1	320,4	227,1
	150	431,0	329,2	233,1
8	40	280,3	215,5	153,9
	50	379,6	289,1	203,8
	60	464,6	351,6	245,9
	70	537,3	404,8	281,6
	80	599,6	450,3	312,1
	90	653,5	489,6	338,2
	100	700,4	523,7	361,0
	110	741,5	553,5	380,8
	120	777,8	579,9	398,3
	130	810,1	603,2	413,9
	140	838,9	624,1	427,7
	150	864,9	642,9	440,2
12	40	406,5	307,2	214,6
	50	561,5	420,4	290,0
	60	695,2	517,2	354,1
	70	810,2	600,1	408,5
	80	909,3	671,2	455,1
	90	995,3	732,7	495,2
	100	1070,3	786,2	530,1
	110	1136,3	833,2	560,7
	120	1194,6	874,7	587,6
	130	1246,6	911,6	611,6
	140	1293,1	944,6	632,9
	150	1334,9	974,3	652,2

Tablo 3.53 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 2)

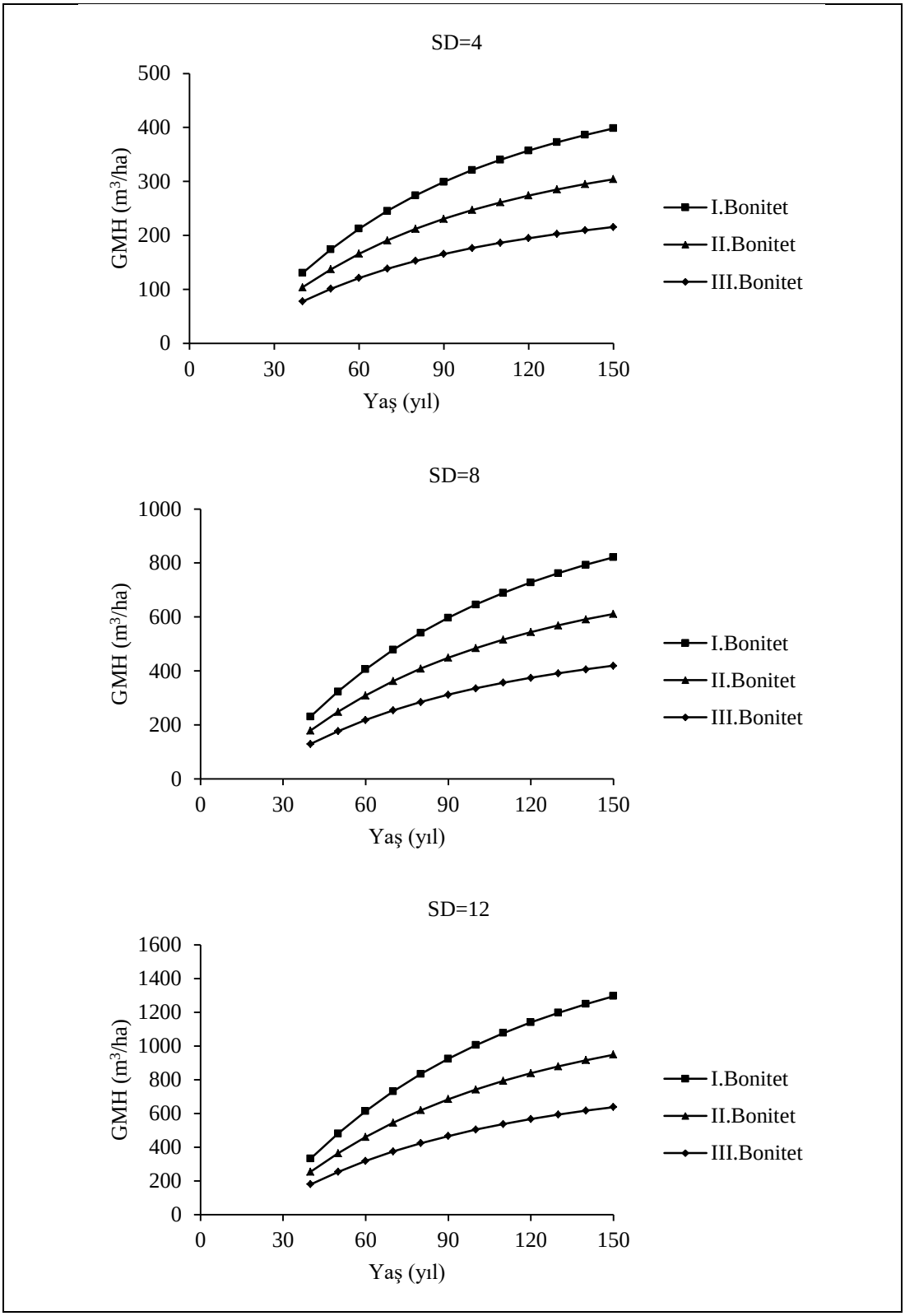
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel Meşcere Hacmi (m^3/ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	130,2	103,7	77,6
	50	174,0	137,0	100,9
	60	212,2	165,9	120,9
	70	245,3	190,7	138,0
	80	274,0	212,1	152,7
	90	299,0	230,7	165,4
	100	320,8	246,9	176,5
	110	340,1	261,2	186,2
	120	357,2	273,8	194,8
	130	372,4	285,1	202,4
	140	386,0	295,1	209,3
	150	398,3	304,2	215,4
8	40	230,5	178,9	129,2
	50	323,4	248,2	176,7
	60	405,8	309,1	218,0
	70	478,1	362,1	253,7
	80	541,3	408,4	284,6
	90	596,8	448,8	311,6
	100	645,7	484,3	335,2
	110	689,0	515,7	356,0
	120	727,6	543,5	374,5
	130	762,1	568,5	390,9
	140	793,1	590,8	405,7
	150	821,1	611,0	419,1
12	40	332,0	253,3	179,1
	50	480,4	362,7	253,0
	60	613,0	459,5	317,6
	70	730,1	544,4	373,9
	80	833,2	618,7	422,8
	90	924,1	683,9	465,6
	100	1004,5	741,4	503,2
	110	1075,9	792,3	536,4
	120	1139,6	837,7	565,9
	130	1196,8	878,3	592,3
	140	1248,3	914,9	616,0
	150	1294,9	947,9	637,3

Tablo 3.54 Genel meşcere hacminin yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 3)

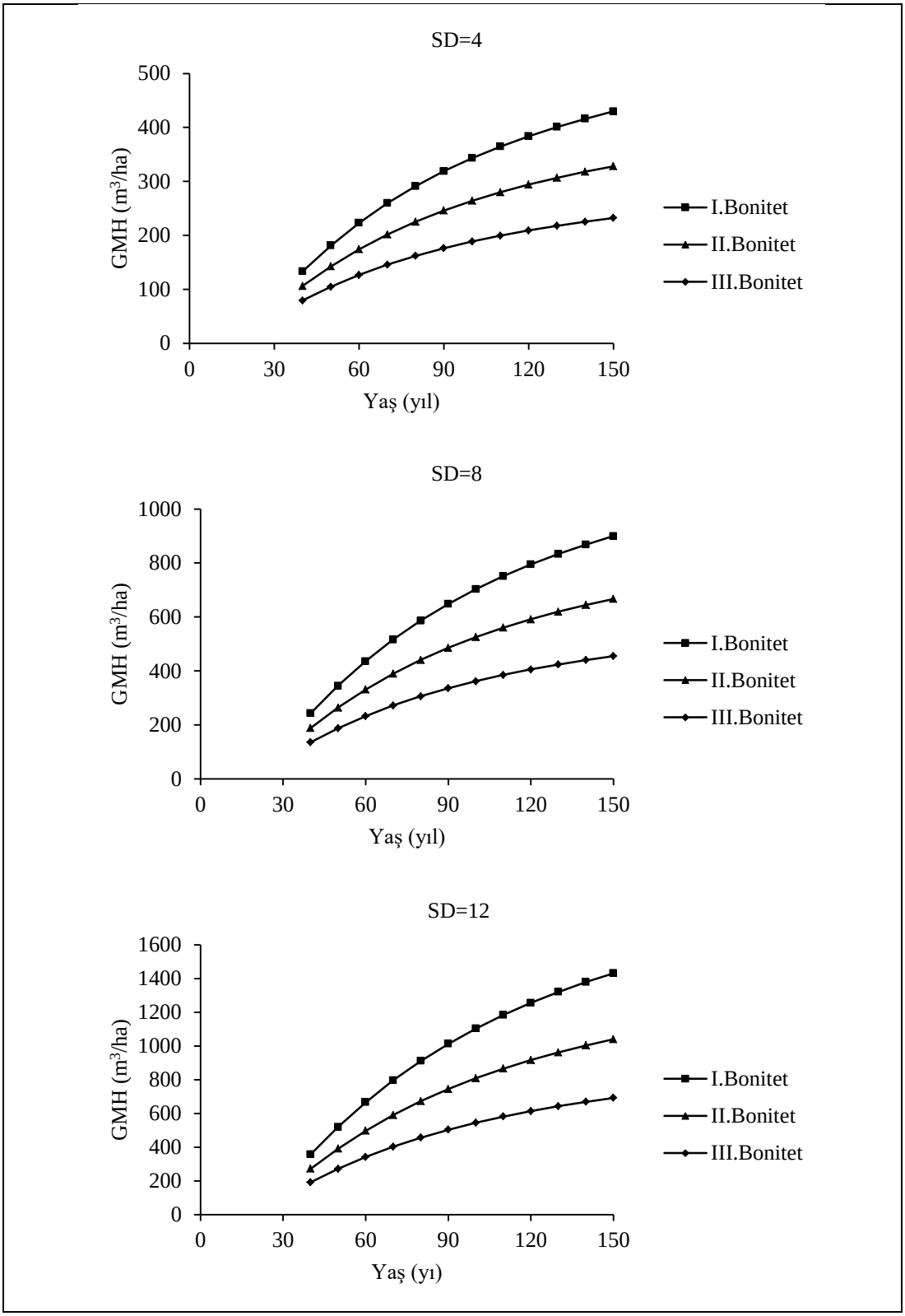
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel Meşcere Hacmi (m^3/ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	133,2	106,1	79,2
	50	181,1	142,5	104,7
	60	223,1	174,1	126,7
	70	259,5	201,5	145,6
	80	291,3	225,2	162,0
	90	318,9	245,9	176,1
	100	343,2	264,0	188,5
	110	364,7	279,9	199,4
	120	383,7	294,0	209,0
	130	400,7	306,6	217,6
	140	416,0	317,9	225,3
	150	429,7	328,1	232,2
8	40	242,9	188,1	135,4
	50	344,8	263,8	187,1
	60	435,7	330,8	232,4
	70	515,8	389,4	271,6
	80	586,2	440,7	305,8
	90	648,0	485,6	335,6
	100	702,7	525,1	361,8
	110	751,2	560,1	384,9
	120	794,4	591,3	405,4
	130	833,2	619,2	423,7
	140	868,1	644,2	440,2
	150	899,7	666,9	455,1
12	40	357,0	271,5	191,1
	50	519,1	390,2	270,6
	60	665,5	496,2	340,7
	70	795,5	589,8	402,1
	80	910,6	672,0	455,6
	90	1012,4	744,5	502,6
	100	1102,7	808,5	543,9
	110	1183,2	865,4	580,6
	120	1255,2	916,2	613,1
	130	1319,8	961,7	642,3
	140	1378,2	1002,7	668,5
	150	1431,1	1039,8	692,2



Şekil 3.21 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 1)



Şekil 3.22 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 2)



Şekil 3.23 Genel meşcere hacminin değişimi (Ekorejyon 3)

Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine ilişkin değişiminin ortaya konulduğu Tablo 3.52, 3.53, 3.54 ve Şekil 3.21, 3.22, 3.23 incelendiğinde genel meşcere hacminin meşcere yaşı, sıklık derecesi ve bonitet endeksi ile pozitif yönlü bir ilişki gösterdiği görülmekte ve meşcerenin yaşı, sıklığı ve verim gücü arttıkça genel meşcere hacmi de artmaktadır. Ekorejyon 1'de yer alan 50 yaş ve 8 sıklık derecesindeki bir meşcerenin yetişme ortamı verim gücüne göre genel meşcere hacimleri I. bonitetten III. bonitete doğru sırasıyla 379,6; 289,1 ve 203,8 m^3 olarak hesaplanmıştır. Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3'te yer alan 50 yaş ve 8 sıklık derecesindeki meşcerelerin yetişme ortamı verim gücüne göre genel meşcere hacimleri için ise bu sıralama 323,4; 248,2 ve 176,7 m^3 ve 344,8; 263,8 ve 187,1 m^3 şeklindedir. 100 yaşında ve 8 sıklık derecesindeki meşcerelerin ekorejyonlara ilişkin genel meşcere hacim değerleri I. bonitetten III. bonitete doğru Ekorejyon 1 için 700,4; 523,7 ve 361,0 m^3, Ekorejyon 2 için 645,7; 484,3 ve 335,2 m^3 ve Ekorejyon 3 için 702,7; 525,1 ve 361,8 m^3 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde 150 yaş ve 8 sıklık derecesindeki meşcerelerin genel meşcere hacimleri yetişme ortamı verim gücüne göre sırasıyla I. bonitetten III. bonitete doğru Ekorejyon 1 için 864,9; 642,9 ve 440,2 m^3, Ekorejyon 2 için 821,1; 611,0 ve 419,1 m^3 ve Ekorejyon 3 için 899,7; 666,9 ve 455,1 m^3 şeklindedir.

Ekorejyonlar arası genel meşcere hacimlerinin değişimleri incelendiğinde, en düşük sıklık derecesinde (SD=4) tüm verim gücü sınıflarında Ekorejyon 1 en yüksek değerlere sahip olmuş, onu sırasıyla Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 izlemiştir. Orta sıklık derecesinde (SD=8) standart yaşa kadar genel meşcere hacmi değerlerine ilişkin sıralama yüksekten düşüğe doğru Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 2 şeklinde olup standart yaştan sonra Ekorejyon 3 en yüksek genel meşcere hacim değerlerine sahip olurken onu sırasıyla Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2 izlemiştir. En yüksek sıklık derecesi (SD=12) için de orta sıklık derecesinde gözlenen değişim ile benzer bir durum gerçekleşmiştir. Genel olarak Ekorejyon 1'in GMH bakımından yüksek değerlere sahip olduğu, ilerleyen yaşlarda ise Ekorejyon 3'ün en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Tüm bonitet ve sıklık sınıflarında Ekorejyon 2 en düşük GMH değerlerine sahiptir.

Sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesinden sonra tablodaki genel meşcere ortalama hacim artımı (GMOHA) değerleri ile bu değerlerin 10 yıllık yaş basamakları, bonitet sınıfları ile sıklık derecelerine göre değişimleri Ekorejyon 1, Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için sırasıyla Tablo 3.55, 3.56, 3.57 ve Şekil 3.24, 3.25, 3.26'da verilmiştir. Tablo ve şekiller incelendiğinde Ekorejyon 1 için genel ortalama hacim artımının 60-70 yaşlarında Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 için ise 70-80 yaşlarında maksimuma ulaştığı görülmektedir.

Tablo 3.55 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 1)

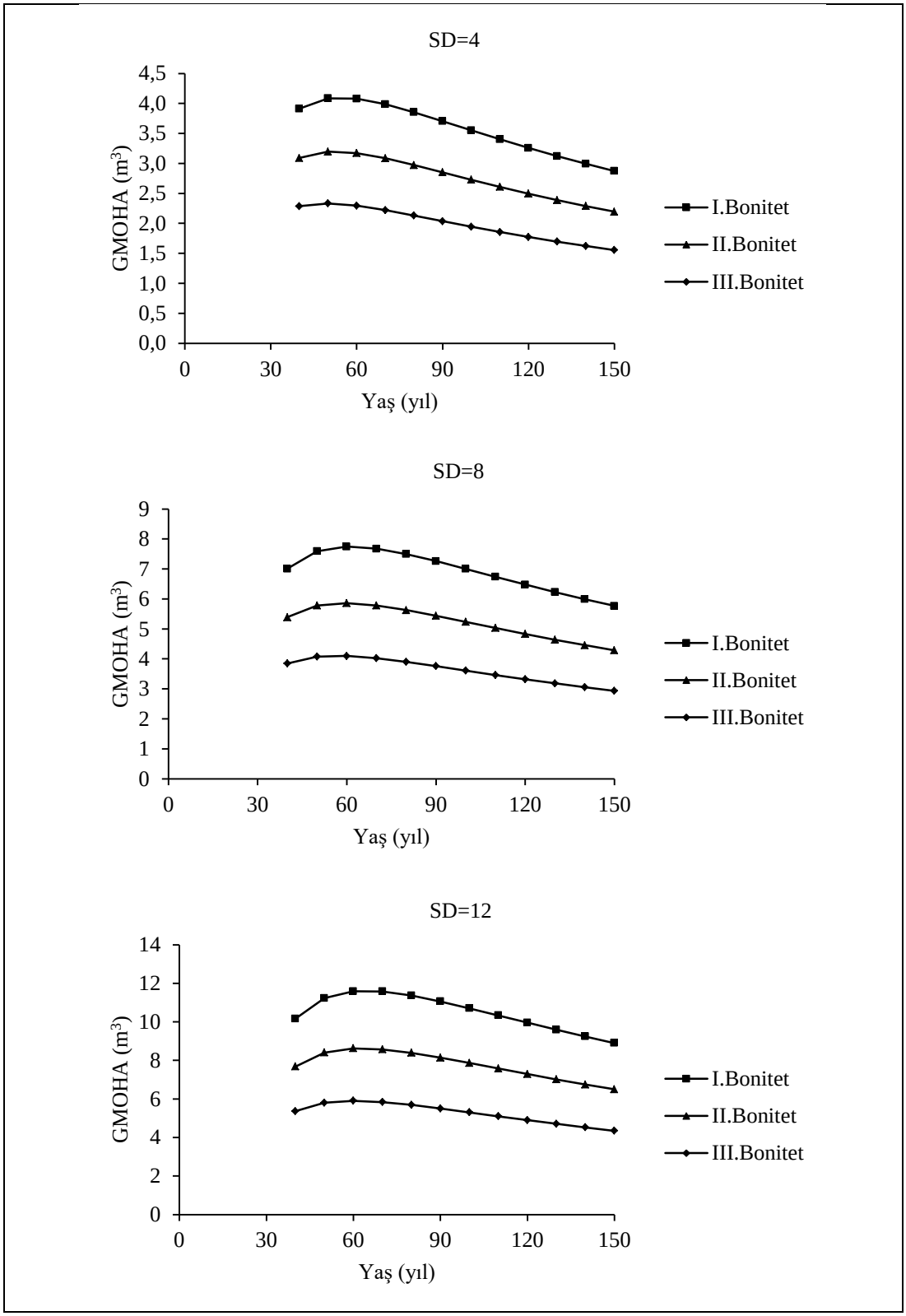
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m^3)		
		I.Bonitet	II.Bonitet	III.Bonitet
4	40	3,9	3,1	2,3
	50	4,1	3,2	2,3
	60	4,1	3,2	2,3
	70	4,0	3,1	2,2
	80	3,9	3,0	2,1
	90	3,7	2,9	2,0
	100	3,6	2,7	1,9
	110	3,4	2,6	1,9
	120	3,3	2,5	1,8
	130	3,1	2,4	1,7
	140	3,0	2,3	1,6
	150	2,9	2,2	1,6
8	40	7,0	5,4	3,8
	50	7,6	5,8	4,1
	60	7,7	5,9	4,1
	70	7,7	5,8	4,0
	80	7,5	5,6	3,9
	90	7,3	5,4	3,8
	100	7,0	5,2	3,6
	110	6,7	5,0	3,5
	120	6,5	4,8	3,3
	130	6,2	4,6	3,2
	140	6,0	4,5	3,1
	150	5,8	4,3	2,9
12	40	10,2	7,7	5,4
	50	11,2	8,4	5,8
	60	11,6	8,6	5,9
	70	11,6	8,6	5,8
	80	11,4	8,4	5,7
	90	11,1	8,1	5,5
	100	10,7	7,9	5,3
	110	10,3	7,6	5,1
	120	10,0	7,3	4,9
	130	9,6	7,0	4,7
	140	9,2	6,7	4,5
	150	8,9	6,5	4,3

Tablo 3.56 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 2)

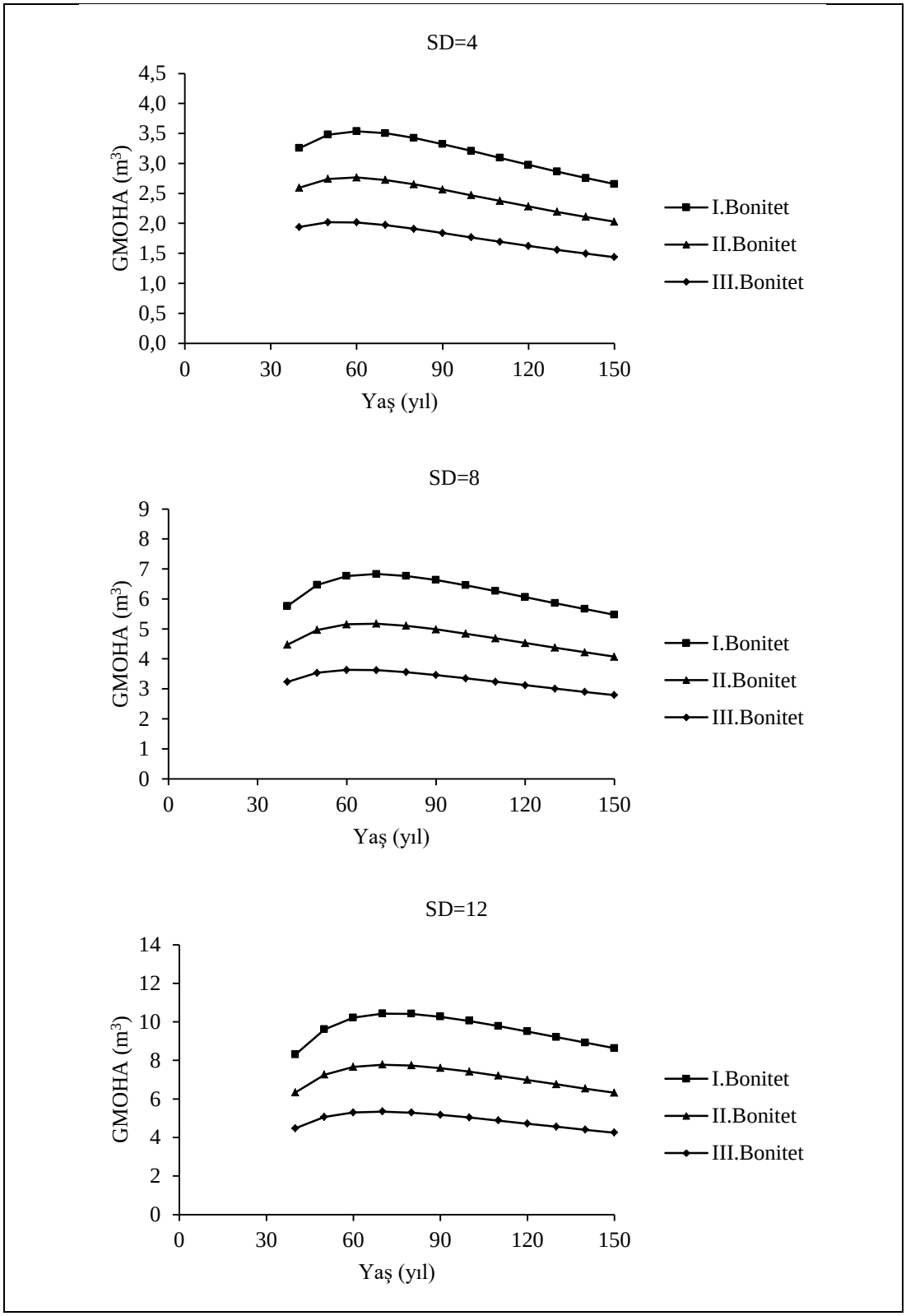
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m^3)		
		I.Bonitet	II.Bonitet	III.Bonitet
4	40	3,3	2,6	1,9
	50	3,5	2,7	2,0
	60	3,5	2,8	2,0
	70	3,5	2,7	2,0
	80	3,4	2,7	1,9
	90	3,3	2,6	1,8
	100	3,2	2,5	1,8
	110	3,1	2,4	1,7
	120	3,0	2,3	1,6
	130	2,9	2,2	1,6
	140	2,8	2,1	1,5
	150	2,7	2,0	1,4
8	40	5,8	4,5	3,2
	50	6,5	5,0	3,5
	60	6,8	5,2	3,6
	70	6,8	5,2	3,6
	80	6,8	5,1	3,6
	90	6,6	5,0	3,5
	100	6,5	4,8	3,4
	110	6,3	4,7	3,2
	120	6,1	4,5	3,1
	130	5,9	4,4	3,0
	140	5,7	4,2	2,9
	150	5,5	4,1	2,8
12	40	8,3	6,3	4,5
	50	9,6	7,3	5,1
	60	10,2	7,7	5,3
	70	10,4	7,8	5,3
	80	10,4	7,7	5,3
	90	10,3	7,6	5,2
	100	10,0	7,4	5,0
	110	9,8	7,2	4,9
	120	9,5	7,0	4,7
	130	9,2	6,8	4,6
	140	8,9	6,5	4,4
	150	8,6	6,3	4,2

Tablo 3.57 Genel meşcere ortalama hacim artımının yaş, sıklık ve bonitete göre değişimi (Ekorejyon 3)

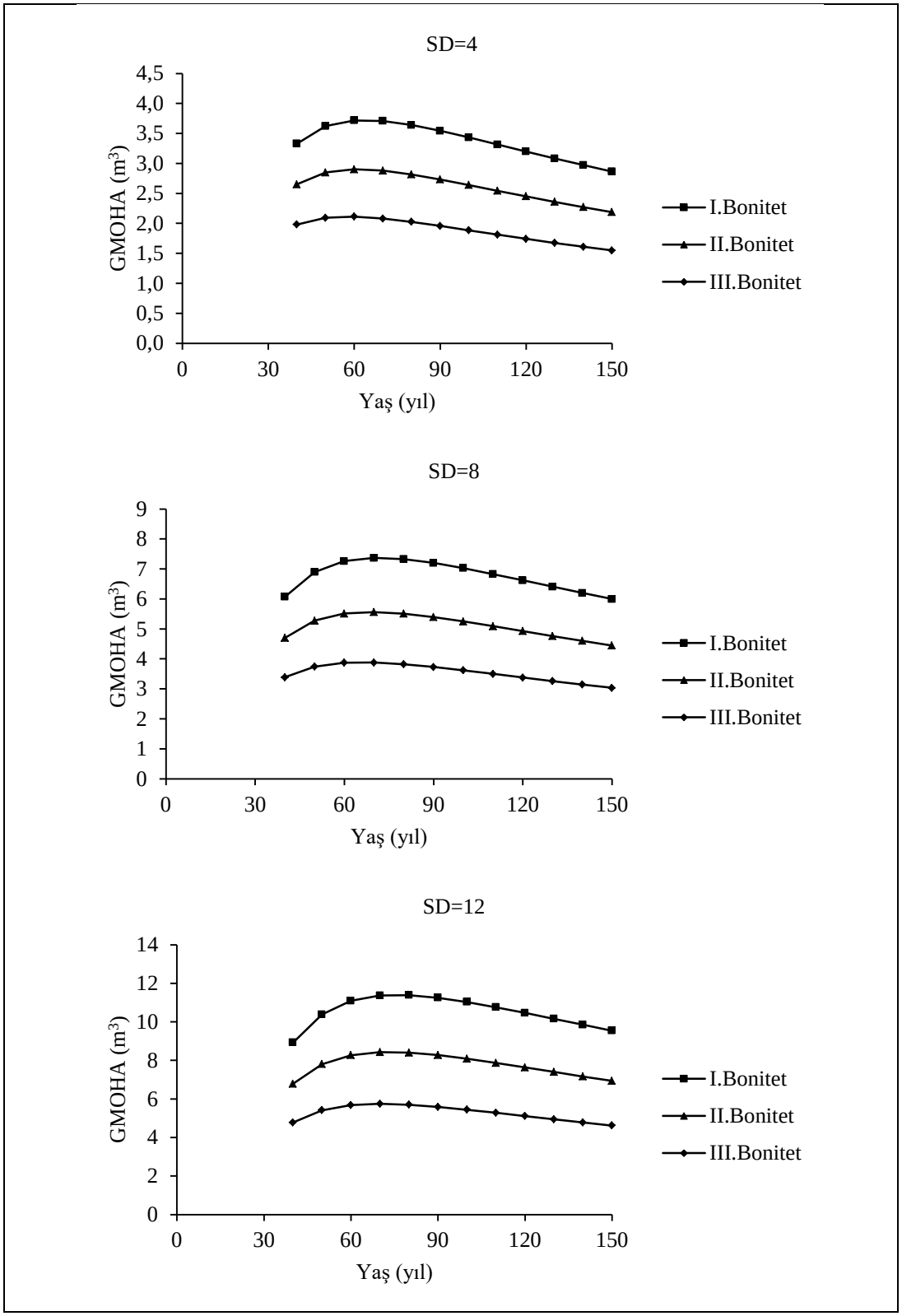
Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m^3)		
		I.Bonitet	II.Bonitet	III.Bonitet
4	40	3,3	2,7	2,0
	50	3,6	2,8	2,1
	60	3,7	2,9	2,1
	70	3,7	2,9	2,1
	80	3,6	2,8	2,0
	90	3,5	2,7	2,0
	100	3,4	2,6	1,9
	110	3,3	2,5	1,8
	120	3,2	2,5	1,7
	130	3,1	2,4	1,7
	140	3,0	2,3	1,6
	150	2,9	2,2	1,5
8	40	6,1	4,7	3,4
	50	6,9	5,3	3,7
	60	7,3	5,5	3,9
	70	7,4	5,6	3,9
	80	7,3	5,5	3,8
	90	7,2	5,4	3,7
	100	7,0	5,3	3,6
	110	6,8	5,1	3,5
	120	6,6	4,9	3,4
	130	6,4	4,8	3,3
	140	6,2	4,6	3,1
	150	6,0	4,4	3,0
12	40	8,9	6,8	4,8
	50	10,4	7,8	5,4
	60	11,1	8,3	5,7
	70	11,4	8,4	5,7
	80	11,4	8,4	5,7
	90	11,2	8,3	5,6
	100	11,0	8,1	5,4
	110	10,8	7,9	5,3
	120	10,5	7,6	5,1
	130	10,2	7,4	4,9
	140	9,8	7,2	4,8
	150	9,5	6,9	4,6



Şekil 3.24 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 1)



Şekil 3.25 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 2)



Şekil 3.26 Genel meşcere ortalama hacim atımı (Ekorejyon 3)

Genel meşcere ortalama hacim artımının meşcere özelliklerine ilişkin değişiminin ortaya konulduğu Tablo 3.55, 3.56 3.57 ve Şekil 3.24, 3.25, 3.26 incelendiğinde genel meşcere ortalama hacim artımının sıklık ve bonitet ile pozitif yönlü bir ilişki gösterdiği görülmekte, yani meşcerenin sıklığı ve verim gücü arttıkça genel meşcere ortalama hacim artımı da artmaktadır. Meşcere hacim ve ortalama hacim artımının, bonitet iyileştikçe ve meşcere sıklaştıkça artması temel büyüme ilişkileri ile paralellik göstermektedir. Çünkü yetişme ortamı verim gücünün iyileşmesi ile birlikte meşcerelerin gelişme kabiliyeti artmakta ve bundan dolayı hacim ile hacim artım değerleri fazla olmaktadır. Meşcerelerin sıklık derecesinin artması ile de meşcere kalabalıklaştığı için hacim ile hacim artımlarının toplamları daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Kızılçam için Yeşil (1992) ve Çatal (2009), Doğu ladini için Köse vd. (2001) ve Ercanlı (2003), sarıçam için Ercanlı vd. (2007a), sahilçamı için Ercanlı vd. (2007b) ve karaçam için Seki (2020) tarafından da benzer değişimler gözlemlenmiştir. Genel ortalama hacim artımı artarak belli bir yaşta maksimum değere ulaşır ve birkaç periyot süresi boyunca küçük farklarla azami miktarda kalır ve tekrar azalmaya başlar. Genel olarak, iyi yetişme ortamı koşullarında fena yetişme ortamı koşullarına göre nispeten genel ortalama hacim artımın maksimum değeri daha yüksek olmakta ve bu değere ulaşması da erken yaşlarda gerçekleşmektedir (Fırat, 1972). Çalışma alanı içerisinde yer alan sarıçam meşcereleri için 3 ekorejyonda genel ortalama hacim artımının maksimuma ulaşma süreleri farklılık göstermiş olup Ekorejyon 1 diğer ekorejyonlardan daha erken yaşta maksimuma ulaşmıştır. Ekolojik sınıflandırmaya da konu olan iklim, topografya, anakaya, toprak ve bitki örtüsü gibi özellikler bakımından Ekorejyon 1'in diğer ekorejyonlardan önemli farklılıklar gösterdiği, yine diğer ekorejyonlar arasında da farklılıkların mevcut olduğu gerek grafiksel gerekse istatistiksel değerlendirmeler ile ortaya konulmuş olup ekolojik tabanlı büyüme modellerinin ve çalışmanın önemi bir kez daha vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için genel ortalama hacim artımının ekorejyonlar arasında farklılıklar gösterdiği belirlenmiş olup, ilgili ekorejyonlarda yapılacak planlama yaklaşımları kapsamında bu farklılıkların dikkate alınması planlamanın etkinliği ve güvenilirliği açısından önemli olmaktadır.

3.2 Çap Dağılım Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Yapılan tez çalışması kapsamında çap dağılım modellerinin geliştirilmesi amacıyla farklı yaş sınıfları, bonitet sınıfları ve sıklık derecelerinden olmak üzere 292 örnek alandan elde edilen veriler kullanılmıştır. Kastamonu yöresi sarıçam meşcereleri için Dal (2019) tarafından yapılan çalışma kapsamında Beta, Gamma-2p, Gamma-3p, Johnson SB, Lognormal-2p, Lognormal-3p, Normal, Weibull-2p ve Weibull-3p olmak üzere 9 adet olasılık yoğunluk fonksiyonuna ilişkin parametre tahminleri yapılmış ve başarı ölçütlerine göre Johnson SB en başarılı model olarak seçilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında Kastamonu ve Sinop illerini kapsayan doğal sarıçam meşcereleri için Dal (2019) tarafından yapılan çalışmada öne çıkan modellerden 6 adedine ilişkin parametre tahminleri yapılmış ve ekorejyonlar bakımından en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonları seçilmiştir. Üç ekorejyondan alınan örnek alanların her birinde parametre tahminleri yapılmış ve Kolmogorov-Smirnov (*KS*), Anderson-Darling (*AS*), Ki-Kare (X^2) ve Hata İndeksi (*e*) başarı ölçütleri hesaplanmıştır. Bu ölçütlere göre rölatif sıralamalar ortaya konulmuş ve sonuçlar her bir ekorejyondaki her bir örnek alan için Tablo 3.58-3.69'da verilmiştir. Modellerin geliştirilmesi aşamasında bazı örnek alanlara ilişkin parametre tahminleri yapılamamış ve bazı örnek alanlarda ise parametre tahminleri yapılmış fakat bazı istatistiksel ölçüt değerleri hesaplanamamıştır. Bu durum için tablolarda çözümlenemeyen olasılık yoğunluk fonksiyonları için "x", çözüm sağlanmış fakat ilgili istatistiksel ölçüt değerleri hesaplanamamış fonksiyonlar için ise "---" işaretleri kullanılmıştır.

Tablo 3.58 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
1-1	1,00	1,27	x	2,44	5,00	1,84
1-2	1,00	1,15	2,98	2,89	6,00	2,78
1-3	3,08	1,28	1,91	5,69	6,00	1,00
1-4	6,00	4,59	1,00	4,06	1,60	1,73
1-5	2,52	1,00	1,11	4,80	6,00	2,41
1-6	1,89	1,00	1,87	3,10	6,00	1,53
1-7	3,18	2,47	1,00	5,01	6,00	1,81
1-8	2,41	1,00	3,83	1,53	6,00	1,84
1-9	6,00	4,55	2,76	3,29	1,00	2,04
1-10	1,00	5,14	1,19	1,30	3,82	6,00
1-11	3,94	3,93	x	1,00	5,00	2,36
1-12	2,80	1,83	1,00	4,44	6,00	1,13
1-13	6,00	5,38	1,00	3,79	5,91	4,01
1-14	1,00	5,50	2,18	4,44	4,58	6,00
1-15	2,73	1,67	1,56	3,99	6,00	1,00
1-16	2,70	1,17	1,98	1,00	6,00	2,61
1-17	3,15	1,00	1,64	5,24	6,00	2,23
1-18	2,76	1,00	2,04	5,18	6,00	1,96
1-19	1,00	1,18	1,24	2,20	6,00	2,37
1-20	1,00	1,07	4,57	2,65	6,00	2,54
1-21	2,55	6,00	1,00	3,06	3,88	2,94
1-22	3,67	6,00	1,00	4,39	5,31	3,67
1-23	2,41	6,00	1,00	2,47	3,42	3,49
1-24	1,00	1,37	6,00	4,84	2,88	2,73
1-25	5,85	5,45	1,00	6,00	5,42	5,36
1-26	6,00	4,98	1,00	3,72	2,64	1,92
1-27	3,06	4,26	1,00	5,82	6,00	5,71
1-28	1,46	1,00	4,98	6,00	4,59	2,37
1-29	1,80	1,00	1,37	2,28	6,00	1,68
1-30	2,59	1,00	1,15	1,42	6,00	2,30
1-31	1,40	1,00	x	2,47	1,13	5,00
1-32	3,69	2,58	1,00	5,22	6,00	2,56
1-33	3,10	2,10	1,00	3,58	6,00	2,17
1-34	1,00	1,98	x	2,61	5,00	3,33
1-35	3,41	3,16	1,00	4,28	6,00	1,93
1-36	1,00	1,17	1,22	2,94	6,00	2,20
1-37	5,00	2,66	x	2,38	1,00	1,76
1-38	3,14	2,75	1,00	4,78	6,00	2,42
1-39	1,54	6,00	1,00	1,72	2,02	5,19
1-40	1,38	4,82	1,00	1,66	2,12	6,00
1-41	1,00	6,00	1,07	1,32	1,70	1,95
1-42	6,00	4,42	1,00	2,36	3,61	2,23
1-43	4,24	5,31	1,11	4,95	6,00	1,00
1-44	1,11	6,00	1,00	1,20	1,42	2,46
1-45	1,35	1,00	6,00	5,00	3,44	4,88
1-46	1,00	2,28	x	2,92	5,00	3,19
1-47	1,05	1,00	1,13	1,83	6,00	1,66
1-48	6,00	2,50	1,00	1,13	5,69	1,59
1-49	3,21	2,49	1,00	3,97	6,00	2,56
1-50	2,28	4,83	3,99	1,00	3,98	6,00
1-51	3,79	2,61	1,00	6,00	5,36	3,15
1-52	5,00	1,50	x	1,00	2,35	1,73
1-53	3,59	1,00	1,19	4,52	6,00	1,01
1-54	2,00	6,00	1,00	5,58	3,46	2,86
1-55	6,00	5,28	1,00	2,96	2,52	1,36
1-56	1,29	6,00	1,70	1,42	1,00	4,93
1-57	3,13	1,00	1,40	4,67	6,00	1,32
1-58	2,87	1,39	1,54	3,91	6,00	1,00
1-59	1,71	3,36	3,70	1,00	6,00	5,48
1-60	6,00	4,53	1,00	4,37	3,55	4,00
1-61	6,00	4,89	1,00	5,60	4,09	4,54
1-62	3,95	6,00	1,04	4,17	4,46	1,00
1-63	2,41	3,15	1,00	4,37	6,00	2,63
1-64	6,00	4,84	1,00	3,70	1,29	1,51
1-65	6,00	4,65	1,00	4,55	4,24	4,99
1-66	3,15	1,00	1,33	4,28	6,00	2,72
1-67	3,56	3,27	x	1,00	5,00	1,77
1-68	6,00	5,45	1,00	5,40	4,52	5,02
Ortalama	3,09	3,15	1,66	3,44	4,60	2,83

Tablo 3.59 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
1-1	1,05	1,00	x	1,51	5,00	1,77
1-2	2,50	1,11	1,81	1,00	6,00	2,24
1-3	1,00	1,20	1,19	2,87	6,00	1,40
1-4	1,71	1,40	6,00	1,33	1,00	1,01
1-5	2,96	1,00	1,60	2,09	6,00	2,86
1-6	1,15	1,00	1,26	1,87	6,00	1,31
1-7	2,02	1,87	1,00	3,62	6,00	1,68
1-8	1,11	1,00	1,33	1,62	6,00	1,39
1-9	6,00	3,89	1,50	2,73	1,00	1,98
1-10	1,96	2,60	1,00	2,24	6,00	2,37
1-11	5,00	2,89	x	1,61	2,88	1,00
1-12	1,72	1,35	1,00	3,09	6,00	1,11
1-13	2,65	2,16	1,00	3,34	6,00	1,59
1-14	1,00	2,03	1,87	2,96	6,00	2,58
1-15	1,21	1,00	6,00	1,41	2,01	1,01
1-16	1,60	1,00	1,65	1,12	6,00	2,26
1-17	1,60	1,00	6,00	2,46	3,69	1,36
1-18	1,29	1,00	6,00	1,95	2,72	1,16
1-19	1,00	1,03	1,08	1,17	6,00	1,63
1-20	2,33	1,63	2,22	1,00	6,00	2,20
1-21	1,00	6,00	5,13	1,13	1,42	5,27
1-22	1,21	3,29	1,00	1,33	1,55	6,00
1-23	1,18	6,00	1,00	1,24	1,47	4,86
1-24	1,02	1,00	6,00	1,38	1,26	1,06
1-25	6,00	2,61	1,00	2,63	2,04	2,31
1-26	6,00	3,26	1,83	2,36	1,94	1,00
1-27	1,12	5,84	1,00	1,20	1,25	6,00
1-28	1,32	1,00	6,00	3,62	3,88	1,66
1-29	1,60	1,00	1,21	1,13	6,00	1,45
1-30	1,17	1,00	1,24	1,55	6,00	1,61
1-31	1,00	1,50	x	2,31	5,00	2,35
1-32	2,64	2,02	1,00	4,37	6,00	1,73
1-33	1,61	1,00	1,06	2,88	6,00	1,17
1-34	2,47	1,31	x	1,00	5,00	2,09
1-35	2,05	5,62	1,00	2,97	6,00	2,39
1-36	1,00	1,10	1,11	1,86	6,00	1,69
1-37	5,00	1,96	x	1,00	3,12	2,34
1-38	2,38	2,23	1,00	3,68	6,00	2,01
1-39	1,02	6,00	1,00	1,06	1,12	5,78
1-40	1,00	4,63	1,00	1,07	1,15	6,00
1-41	1,00	6,00	1,00	1,04	1,11	1,16
1-42	6,00	3,48	1,00	2,36	3,77	1,90
1-43	1,00	6,00	5,12	1,13	1,41	5,08
1-44	1,01	6,00	1,00	1,02	1,07	3,34
1-45	1,00	1,09	1,15	1,33	6,00	1,39
1-46	3,42	1,23	x	1,00	5,00	4,47
1-47	1,11	1,00	1,19	1,64	6,00	1,42
1-48	4,47	1,00	1,18	1,16	6,00	1,68
1-49	1,11	1,00	6,00	1,32	1,78	1,04
1-50	1,00	1,86	1,37	1,65	6,00	2,82
1-51	1,16	1,00	6,00	1,61	1,74	1,18
1-52	5,00	1,20	x	1,00	1,85	1,72
1-53	2,28	1,00	5,17	3,24	6,00	1,17
1-54	2,24	3,87	1,00	5,92	6,00	2,69
1-55	6,00	3,51	1,00	2,23	1,56	1,00
1-56	1,01	6,00	1,00	1,07	1,04	5,57
1-57	1,65	1,00	1,22	3,09	6,00	1,14
1-58	1,90	1,00	2,74	2,76	6,00	1,08
1-59	1,00	1,29	1,34	1,77	6,00	2,05
1-60	6,00	3,80	1,00	3,73	2,89	3,60
1-61	1,23	1,05	6,00	1,08	1,00	1,02
1-62	1,26	6,00	1,00	1,29	1,40	2,13
1-63	1,19	1,00	1,05	1,96	6,00	1,18
1-64	6,00	3,42	1,10	1,85	1,24	1,00
1-65	6,00	3,72	1,00	2,63	2,36	4,23
1-66	1,36	1,00	6,00	1,56	2,25	1,09
1-67	2,58	2,02	x	1,00	5,00	2,27
1-68	6,00	4,42	1,00	4,22	3,34	4,16
Ortalama	2,32	2,42	2,21	2,01	3,95	2,28

Tablo 3.60 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
1-1	3,03	5,00	x	3,00	1,00	2,95
1-2	1,00	3,26	5,51	5,53	6,00	5,45
1-3	1,00	1,32	2,35	6,00	2,46	1,49
1-4	4,27	5,00	---	4,46	1,00	1,64
1-5	4,99	1,00	1,23	2,94	3,08	6,00
1-6	2,74	4,23	3,78	6,00	3,54	1,00
1-7	2,03	3,06	6,00	5,29	1,00	2,96
1-8	1,00	2,01	6,00	1,30	4,96	1,25
1-9	1,00	3,67	6,00	5,03	4,27	4,84
1-10	2,45	5,76	1,00	3,69	5,13	6,00
1-11	3,38	4,60	x	5,00	1,49	1,00
1-12	1,00	1,51	4,03	5,97	1,91	6,00
1-13	5,92	6,00	1,00	3,87	3,64	5,73
1-14	5,25	4,23	6,00	1,00	3,93	4,37
1-15	1,44	1,00	---	3,82	5,00	2,16
1-16	5,95	6,00	1,00	2,23	1,77	1,01
1-17	2,60	1,00	---	3,81	5,00	1,99
1-18	4,90	1,00	---	5,00	2,15	4,10
1-19	2,81	2,85	2,85	1,13	1,00	6,00
1-20	1,02	1,00	6,00	3,06	4,84	3,05
1-21	1,00	---	---	2,72	3,00	---
1-22	3,70	5,00	1,00	3,00	2,41	---
1-23	1,62	---	1,00	2,32	4,00	---
1-24	2,01	2,38	---	5,00	1,28	1,00
1-25	6,00	2,38	1,00	2,59	4,21	2,80
1-26	5,12	4,89	1,67	5,71	6,00	1,00
1-27	3,18	---	1,00	2,67	4,00	---
1-28	6,00	5,97	1,00	6,00	4,76	4,56
1-29	6,00	2,83	2,83	2,82	1,00	2,85
1-30	1,00	3,01	5,80	6,00	2,23	5,77
1-31	2,45	5,00	x	1,00	2,66	2,82
1-32	1,82	1,71	1,00	2,28	6,00	2,73
1-33	1,04	6,00	1,00	3,00	1,95	2,36
1-34	2,94	2,92	x	2,22	5,00	1,00
1-35	2,15	4,16	1,18	1,00	6,00	2,02
1-36	1,08	1,02	1,00	1,72	1,83	6,00
1-37	1,00	5,00	x	4,83	2,84	2,74
1-38	2,95	4,21	4,53	1,00	5,19	6,00
1-39	3,65	---	1,00	3,50	4,00	---
1-40	1,00	5,00	1,78	1,87	1,73	---
1-41	2,56	---	1,00	1,90	1,93	5,00
1-42	2,21	1,86	5,57	1,00	6,00	5,79
1-43	2,38	---	---	1,00	3,00	---
1-44	1,23	---	1,00	1,25	1,01	5,00
1-45	1,97	1,00	4,98	6,00	2,64	1,54
1-46	1,00	2,60	x	2,80	5,34	6,00
1-47	3,60	3,52	3,59	5,88	1,00	6,00
1-48	2,22	4,13	5,90	6,00	1,00	5,84
1-49	3,34	2,02	---	3,09	5,00	1,00
1-50	5,14	1,17	4,33	1,00	6,00	1,25
1-51	1,98	1,00	---	5,00	3,17	4,11
1-52	1,00	1,96	x	4,96	5,00	1,96
1-53	2,40	1,00	1,43	2,52	6,00	1,01
1-54	1,87	1,41	2,45	6,00	3,13	1,00
1-55	2,28	6,00	1,00	3,23	3,63	2,40
1-56	4,00	---	3,23	1,00	1,09	---
1-57	4,09	2,33	1,00	3,89	6,00	4,24
1-58	2,75	4,37	1,00	3,49	6,00	3,64
1-59	1,94	1,00	1,27	6,00	4,05	3,12
1-60	6,00	4,00	1,00	1,80	2,72	2,13
1-61	5,00	2,83	---	1,00	1,05	3,47
1-62	2,92	---	1,00	2,87	5,00	1,34
1-63	2,57	1,00	6,00	5,41	3,97	4,34
1-64	1,63	1,72	5,71	6,00	1,00	5,73
1-65	3,68	1,00	2,90	6,00	4,38	4,02
1-66	2,44	2,33	---	2,38	5,00	1,00
1-67	5,00	4,98	x	2,34	1,00	4,85
1-68	1,00	5,76	6,00	5,07	4,43	2,27
Ortalama	2,82	3,12	2,85	3,50	3,42	3,35

Tablo 3.61 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 1)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
1-1	1,00	5,00	x	1,01	1,27	1,12
1-2	3,50	1,83	3,50	1,00	6,00	2,67
1-3	1,45	2,00	1,00	2,77	2,95	6,00
1-4	6,00	5,36	1,00	5,15	4,19	3,82
1-5	3,68	3,39	1,00	4,33	6,00	4,26
1-6	4,05	3,40	1,00	4,68	6,00	3,55
1-7	1,97	1,56	1,97	4,06	6,00	1,00
1-8	4,17	4,27	1,00	4,96	6,00	4,42
1-9	5,67	5,33	1,00	5,33	5,78	6,00
1-10	4,87	5,60	1,00	3,98	3,66	6,00
1-11	1,00	1,85	x	2,09	3,42	5,00
1-12	5,24	5,24	1,00	5,38	6,00	5,07
1-13	3,62	3,53	1,00	4,99	6,00	3,11
1-14	4,80	3,98	1,00	5,26	6,00	3,86
1-15	4,90	3,56	1,00	5,33	6,00	3,77
1-16	3,56	3,98	1,00	4,57	6,00	4,91
1-17	3,32	2,37	1,00	4,99	6,00	2,60
1-18	2,17	1,28	1,48	4,68	6,00	1,00
1-19	4,99	4,97	1,00	5,24	6,00	4,76
1-20	4,20	4,09	1,00	4,81	6,00	4,38
1-21	4,91	1,00	3,74	5,35	6,00	2,57
1-22	5,10	1,65	1,00	5,50	6,00	2,43
1-23	4,88	1,00	1,20	5,19	6,00	1,86
1-24	1,00	1,83	6,00	2,35	2,88	2,88
1-25	6,00	5,08	1,00	5,00	4,00	4,25
1-26	6,00	4,42	2,73	3,67	4,17	1,00
1-27	3,23	6,00	1,00	1,53	3,02	5,47
1-28	1,00	2,22	4,11	6,00	6,00	3,84
1-29	3,60	3,89	1,00	4,50	6,00	3,98
1-30	1,00	1,19	2,13	2,04	6,00	1,57
1-31	1,78	1,00	x	3,67	5,00	1,02
1-32	5,45	5,00	1,00	5,64	6,00	5,10
1-33	3,11	2,27	1,00	4,18	5,35	6,00
1-34	1,00	1,10	x	1,81	5,00	3,19
1-35	4,60	4,01	1,00	5,05	6,00	4,01
1-36	1,80	2,56	2,18	3,02	6,00	1,00
1-37	1,00	3,10	x	3,31	5,00	4,17
1-38	5,70	5,14	1,00	5,76	6,00	5,04
1-39	4,91	1,21	1,00	5,55	6,00	3,28
1-40	4,67	1,00	1,47	5,29	6,00	5,98
1-41	5,45	3,54	1,00	5,64	6,00	4,25
1-42	5,69	5,63	1,00	5,80	6,00	5,63
1-43	4,88	1,00	3,98	5,33	6,00	3,21
1-44	5,06	1,00	1,59	5,42	6,00	2,57
1-45	1,76	1,76	1,00	6,00	1,87	1,79
1-46	1,00	2,61	x	3,27	5,00	3,75
1-47	4,52	4,74	1,00	5,24	6,00	4,75
1-48	4,20	4,83	1,00	2,83	6,00	5,15
1-49	4,98	4,40	1,00	5,43	6,00	4,36
1-50	5,33	4,95	1,00	5,72	6,00	4,80
1-51	1,00	1,18	6,00	4,73	4,61	2,99
1-52	1,86	5,00	x	1,00	2,66	2,29
1-53	4,77	3,56	1,00	5,25	6,00	3,56
1-54	2,86	3,50	1,00	6,00	4,78	4,19
1-55	6,00	4,48	1,65	3,83	5,78	1,00
1-56	1,94	6,00	1,00	1,19	2,04	5,34
1-57	3,71	2,61	1,00	4,78	6,00	2,64
1-58	5,80	6,00	1,00	5,75	5,90	5,73
1-59	2,60	2,60	1,00	3,35	6,00	2,91
1-60	6,00	5,26	1,00	5,03	4,72	5,10
1-61	6,00	5,24	1,00	5,24	4,64	4,80
1-62	5,90	1,78	1,00	6,00	5,80	4,92
1-63	2,30	3,20	1,00	4,15	5,55	6,00
1-64	3,86	2,43	5,29	1,00	4,93	6,00
1-65	6,00	4,25	2,06	1,00	1,73	5,92
1-66	4,83	3,87	1,00	5,26	6,00	3,55
1-67	3,50	4,00	x	2,50	1,00	5,00
1-68	6,00	5,24	1,00	5,05	4,42	3,91
Ortalama	3,86	3,41	1,57	4,28	5,13	3,85

Tablo 3.62 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-1	6,00	4,59	4,64	2,45	1,00	5,18
2-2	2,98	2,61	1,00	5,36	6,00	1,71
2-3	6,00	4,56	1,00	3,96	2,52	3,17
2-4	1,24	2,71	1,00	5,47	6,00	2,80
2-5	6,00	2,71	2,78	1,00	2,09	4,88
2-6	6,00	5,53	1,25	2,79	1,72	1,00
2-7	1,00	1,23	1,48	4,04	6,00	1,03
2-8	6,00	4,17	1,00	3,30	2,05	2,63
2-9	1,00	2,62	2,35	2,36	6,00	3,81
2-10	5,00	3,70	x	2,37	1,00	2,66
2-11	2,88	2,36	1,04	6,00	5,72	1,00
2-12	3,14	1,95	1,00	5,27	6,00	2,23
2-13	6,00	5,03	3,27	1,89	1,00	4,48
2-14	6,00	2,51	1,00	2,54	2,69	2,23
2-15	5,39	6,00	4,54	4,56	2,21	1,00
2-16	3,29	3,80	1,00	5,86	6,00	3,17
2-17	5,81	6,00	1,00	4,93	4,62	5,01
2-18	1,00	1,17	1,88	1,95	6,00	2,13
2-19	4,15	4,10	1,00	4,35	6,00	4,02
2-20	1,00	3,55	3,67	5,33	6,00	3,69
2-21	1,00	2,17	2,64	3,62	6,00	3,32
2-22	3,98	4,02	1,00	6,00	5,75	4,01
2-23	2,42	4,09	1,00	5,20	6,00	3,18
2-24	6,00	4,62	1,00	3,05	3,68	3,63
2-25	2,30	6,00	1,00	3,57	3,68	2,02
2-26	1,00	3,26	2,34	4,23	6,00	2,68
2-27	2,76	1,02	1,53	4,48	6,00	1,00
2-28	6,00	3,37	1,19	1,84	1,00	4,37
2-29	6,00	4,40	4,13	1,00	1,47	5,49
2-30	6,00	4,26	2,11	3,58	5,50	1,00
2-31	2,45	2,18	1,75	5,14	6,00	1,00
2-32	3,23	5,19	2,13	1,00	2,22	6,00
2-33	2,35	6,00	1,00	3,38	3,80	5,30
2-34	2,51	3,63	1,00	5,15	6,00	2,82
2-35	2,27	6,00	1,00	3,12	3,48	1,36
2-36	2,74	6,00	1,00	2,39	2,95	4,15
2-37	4,80	6,00	1,00	4,80	4,86	4,72
2-38	6,00	4,62	1,00	3,86	1,50	1,50
2-39	6,00	4,72	1,11	2,74	1,00	2,23
2-40	4,26	4,21	x	1,52	1,00	5,00
2-41	1,38	6,00	1,00	1,36	1,66	3,58
2-42	1,03	6,00	1,00	1,04	1,55	5,64
2-43	2,89	4,42	1,00	3,33	4,01	6,00
2-44	3,29	6,00	1,00	2,34	2,28	4,69
2-45	1,49	6,00	1,00	3,55	3,79	3,80
2-46	6,00	3,77	2,90	1,18	1,00	5,93
2-47	6,00	1,98	1,13	1,00	2,18	1,94
2-48	2,53	2,52	1,00	4,75	6,00	1,92
2-49	1,51	2,26	1,00	3,95	6,00	1,71
2-50	2,41	1,69	1,00	3,78	6,00	2,11
2-51	2,58	3,80	1,00	5,19	6,00	3,28
2-52	2,50	1,34	1,00	4,92	6,00	1,53
2-53	1,00	4,25	3,64	3,56	5,08	6,00
2-54	2,10	2,02	1,00	3,39	6,00	1,75
2-55	1,48	1,00	3,13	4,10	6,00	1,72
2-56	6,00	4,54	4,00	1,02	1,00	6,00
2-57	6,00	4,71	1,00	4,47	2,57	2,57
2-58	4,30	1,00	5,83	5,51	6,00	3,05
2-59	6,00	4,51	2,86	1,00	2,38	3,95
2-60	3,92	6,00	1,00	4,71	4,91	3,77
2-61	1,61	1,65	1,00	3,47	6,00	1,22
2-62	1,47	1,00	1,78	5,02	4,67	6,00
2-63	2,03	1,00	x	2,55	4,32	5,00
2-64	1,56	6,00	1,00	2,02	2,28	3,97
2-65	2,85	4,77	1,00	2,81	3,39	6,00
2-66	1,16	6,00	1,00	1,43	1,83	3,94
2-67	1,78	6,00	1,00	1,76	1,49	1,14
2-68	6,00	4,10	1,00	3,51	3,62	2,84
2-69	6,00	4,93	1,00	4,72	3,63	3,23

Tablo 3.62'nin devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-70	3,90	3,08	2,74	6,00	5,19	1,00
2-71	2,78	6,00	1,00	2,72	2,47	2,98
2-72	6,00	3,63	1,00	2,72	2,18	3,03
2-73	6,00	5,36	1,80	4,42	4,48	1,00
Ortalama	3,58	3,89	1,67	3,46	3,90	3,22

Tablo 3.63 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-1	2,96	1,03	1,00	1,27	6,00	1,38
2-2	2,04	1,75	1,00	3,68	6,00	1,44
2-3	6,00	3,87	1,00	3,53	2,71	3,19
2-4	1,00	1,27	2,13	4,02	6,00	2,10
2-5	6,00	1,83	1,13	1,00	2,81	3,22
2-6	6,00	3,05	1,00	1,69	1,34	1,09
2-7	1,22	1,07	1,00	1,96	6,00	1,70
2-8	6,00	2,44	1,16	1,68	1,00	1,47
2-9	1,00	1,28	1,21	2,08	6,00	2,14
2-10	5,00	2,25	x	1,10	1,00	1,90
2-11	1,39	1,47	1,00	3,49	6,00	1,24
2-12	1,67	1,00	1,33	4,05	6,00	1,62
2-13	5,25	2,93	1,00	2,36	6,00	2,96
2-14	6,00	2,51	1,00	2,12	1,82	1,87
2-15	3,75	3,57	6,00	2,95	1,72	1,00
2-16	1,92	2,00	1,00	4,59	6,00	2,10
2-17	6,00	5,36	1,00	4,51	5,25	4,90
2-18	1,00	1,00	1,37	1,37	6,00	1,49
2-19	3,26	3,07	1,00	3,42	6,00	2,94
2-20	3,94	1,00	2,15	2,96	6,00	3,27
2-21	1,00	1,17	1,57	2,55	6,00	1,90
2-22	1,10	1,02	6,00	1,08	1,05	1,00
2-23	3,38	4,30	1,00	4,62	6,00	3,64
2-24	4,95	3,21	1,00	2,82	6,00	2,24
2-25	1,15	3,97	1,00	1,45	1,70	6,00
2-26	1,43	1,05	1,00	3,95	6,00	1,08
2-27	1,21	1,00	6,00	1,39	1,66	1,03
2-28	6,00	4,07	1,00	3,56	3,59	4,77
2-29	3,20	1,53	1,62	1,00	6,00	3,54
2-30	2,71	1,80	6,00	1,65	1,82	1,00
2-31	1,54	1,08	1,10	3,21	6,00	1,00
2-32	3,44	4,99	1,55	1,00	3,85	6,00
2-33	1,08	4,18	1,00	1,15	1,21	6,00
2-34	2,42	2,20	1,00	4,24	6,00	1,83
2-35	1,09	6,00	1,00	1,26	1,31	1,08
2-36	2,16	6,00	1,00	3,39	4,28	4,46
2-37	1,00	4,07	6,00	1,05	1,14	1,64
2-38	6,00	3,54	1,00	2,64	1,97	1,03
2-39	6,00	3,60	1,00	2,88	1,45	2,11
2-40	2,91	2,79	x	1,00	1,80	5,00
2-41	1,04	6,00	1,00	1,05	1,12	5,01
2-42	1,05	5,87	1,00	1,07	1,12	6,00
2-43	1,12	6,00	1,00	1,25	1,29	3,66
2-44	4,45	6,00	1,00	2,77	2,65	5,06
2-45	1,00	2,92	1,37	1,16	1,17	6,00
2-46	5,46	3,20	1,00	3,58	6,00	4,14
2-47	6,00	1,36	1,00	1,34	4,06	1,46
2-48	2,05	2,41	1,00	3,53	6,00	2,36
2-49	1,74	1,00	1,13	3,15	6,00	1,06
2-50	1,31	1,00	1,43	2,34	6,00	1,57
2-51	2,35	1,71	1,00	4,89	6,00	1,58
2-52	1,24	1,00	1,23	3,43	6,00	1,54
2-53	1,00	2,34	2,13	3,29	6,00	4,31
2-54	1,00	1,41	1,00	1,57	6,00	1,78
2-55	1,12	1,00	1,41	2,62	6,00	1,33
2-56	4,17	2,45	2,22	1,00	6,00	5,19
2-57	6,00	3,71	1,00	3,37	2,09	2,37
2-58	1,34	1,00	6,00	1,58	2,57	1,29

Tablo 3.63'ün devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-59	3,05	1,57	1,62	1,00	6,00	2,14
2-60	3,66	6,00	1,00	2,63	2,70	4,88
2-61	1,30	1,33	1,00	2,23	6,00	1,16
2-62	6,00	2,14	1,00	1,78	1,13	1,79
2-63	1,48	1,00	x	1,65	5,00	4,19
2-64	1,00	6,00	1,36	1,04	1,06	4,85
2-65	1,20	6,00	1,00	1,30	1,44	3,52
2-66	1,03	6,00	1,00	1,08	1,15	5,35
2-67	1,04	6,00	1,00	1,08	1,12	4,58
2-68	6,00	3,12	1,00	2,73	2,48	1,58
2-69	6,00	2,97	2,11	2,45	1,15	1,00
2-70	1,32	1,00	1,24	6,00	5,88	2,13
2-71	1,46	4,60	6,00	1,15	1,00	1,61
2-72	6,00	2,68	1,00	2,05	1,59	2,81
2-73	1,93	1,50	6,00	1,38	1,42	1,00
Ortalama	2,89	2,84	1,74	2,36	3,75	2,71

Tablo 3.64 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-1	1,00	5,17	6,00	3,37	2,46	4,32
2-2	1,04	1,05	6,00	3,57	3,52	1,00
2-3	4,15	1,00	1,71	5,58	5,58	6,00
2-4	6,00	3,59	3,90	1,00	3,78	1,36
2-5	6,00	4,23	1,65	1,00	1,43	2,81
2-6	1,85	5,75	1,00	6,00	2,27	1,00
2-7	1,63	1,07	1,06	6,00	4,40	1,00
2-8	3,35	3,21	1,10	6,00	1,63	1,00
2-9	6,00	3,43	6,00	4,44	4,11	1,00
2-10	3,37	3,21	x	4,61	1,00	5,00
2-11	1,88	1,00	6,00	3,13	1,05	1,03
2-12	6,00	1,00	1,75	1,67	3,66	1,16
2-13	1,02	1,00	5,46	6,00	2,95	1,51
2-14	2,44	6,00	3,40	1,82	1,00	4,63
2-15	5,91	6,00	2,12	1,00	3,30	1,23
2-16	6,00	2,94	2,64	1,00	3,50	2,86
2-17	3,34	2,21	1,48	6,00	1,00	2,41
2-18	5,62	1,00	5,49	5,64	6,00	3,54
2-19	5,17	5,17	1,00	2,43	1,05	6,00
2-20	5,76	5,99	6,00	1,51	1,00	5,97
2-21	3,04	5,63	5,94	1,00	4,76	6,00
2-22	5,00	3,12	---	1,00	1,11	3,17
2-23	6,00	1,89	1,00	2,67	2,89	4,23
2-24	6,00	2,53	3,80	2,47	1,00	2,68
2-25	2,36	5,00	2,41	1,00	1,63	---
2-26	1,00	1,23	2,48	6,00	4,44	5,27
2-27	1,68	1,00	----	4,23	5,00	3,31
2-28	1,00	2,14	3,73	6,00	1,64	3,77
2-29	2,96	4,32	4,34	1,00	1,63	6,00
2-30	3,38	2,18	---	2,02	5,00	1,00
2-31	6,00	2,02	1,00	2,82	4,67	1,97
2-32	3,00	3,27	1,00	6,00	5,93	5,63
2-33	5,00	4,71	1,00	4,19	3,70	---
2-34	2,44	4,17	3,71	3,52	6,00	1,00
2-35	5,00	---	1,06	1,68	2,44	1,00
2-36	1,00	4,72	2,53	3,05	3,42	6,00
2-37	4,00	---	---	2,82	3,45	1,00
2-38	6,00	5,86	1,00	3,53	3,81	1,04
2-39	6,00	3,52	3,24	1,24	1,00	1,39
2-40	2,28	2,23	x	1,00	2,72	5,00
2-41	1,72	---	4,00	3,93	1,00	---
2-42	1,00	---	4,00	1,89	2,31	---
2-43	1,00	---	1,50	1,55	1,91	5,00
2-44	2,82	6,00	1,70	1,00	1,06	2,00
2-45	1,00	4,00	---	1,06	1,71	---
2-46	3,17	3,12	1,00	3,84	6,00	3,21
2-47	2,75	1,00	2,70	6,00	5,94	2,66

Tablo 3.64'ün devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-48	4,82	1,00	5,28	2,09	6,00	1,82
2-49	6,00	3,58	5,63	5,82	1,00	4,57
2-50	1,00	1,60	2,83	1,08	6,00	1,60
2-51	6,00	1,10	3,31	1,82	1,83	1,00
2-52	2,20	2,27	2,35	5,96	6,00	1,00
2-53	5,84	6,00	1,00	5,64	2,68	4,29
2-54	1,77	5,65	6,00	1,00	3,40	4,03
2-55	6,00	3,98	1,00	3,24	4,17	1,95
2-56	5,82	2,03	1,93	1,49	1,00	6,00
2-57	5,98	6,00	2,92	1,00	5,69	3,98
2-58	2,85	1,00	---	3,18	4,39	5,00
2-59	4,69	1,04	1,00	1,25	4,15	6,00
2-60	4,08	3,78	1,00	6,00	5,72	1,78
2-61	2,30	1,00	1,09	6,00	4,22	1,32
2-62	6,00	1,95	1,00	2,20	1,08	1,04
2-63	2,51	1,00	x	2,42	2,07	5,00
2-64	1,00	---	---	2,72	3,00	---
2-65	1,33	4,92	1,00	1,57	1,60	6,00
2-66	4,00	---	1,00	2,18	3,74	---
2-67	1,00	5,00	1,02	1,17	1,61	---
2-68	6,00	5,03	1,00	5,22	3,95	4,68
2-69	3,85	6,00	4,66	4,91	4,42	1,00
2-70	1,26	1,22	4,66	1,00	2,42	6,00
2-71	2,03	2,82	---	5,00	1,00	1,73
2-72	5,84	2,90	1,00	5,53	6,00	5,07
2-73	1,00	2,75	---	1,80	5,00	1,43
Ortalama	3,55	3,20	2,75	3,14	3,19	3,13

Tablo 3.65 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 2)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-1	2,17	3,02	1,00	4,42	6,00	3,07
2-2	3,50	3,50	1,00	4,13	6,00	4,75
2-3	4,94	5,18	1,00	5,71	6,00	5,94
2-4	1,00	2,69	1,00	4,69	6,00	2,85
2-5	5,13	4,22	1,00	3,43	3,65	6,00
2-6	4,08	4,63	1,00	4,85	6,00	6,00
2-7	4,03	4,08	1,00	5,10	6,00	3,91
2-8	6,00	3,84	1,00	2,23	3,16	2,94
2-9	3,10	2,81	1,00	4,59	6,00	3,46
2-10	1,00	1,73	x	2,91	5,00	3,57
2-11	3,56	1,38	1,00	4,94	6,00	1,73
2-12	2,67	2,17	1,00	4,11	6,00	2,24
2-13	4,10	4,10	1,00	5,48	6,00	3,24
2-14	5,00	5,00	1,00	4,40	6,00	6,00
2-15	1,43	1,34	1,00	3,46	1,61	6,00
2-16	3,70	3,30	1,00	3,03	6,00	5,05
2-17	4,37	3,99	1,00	4,32	6,00	4,15
2-18	4,26	4,26	1,00	4,76	6,00	4,45
2-19	4,16	4,06	1,00	4,57	6,00	4,01
2-20	5,44	2,11	4,89	1,00	1,00	6,00
2-21	4,14	3,89	1,00	4,97	6,00	3,53
2-22	2,93	2,14	1,00	6,00	5,43	1,80
2-23	5,64	5,89	1,00	5,61	6,00	5,76
2-24	5,35	5,38	1,00	5,63	6,00	5,08
2-25	4,91	1,15	1,00	5,39	6,00	2,83
2-26	4,35	4,14	1,00	5,59	6,00	4,02
2-27	6,00	5,09	1,00	5,73	5,18	4,82
2-28	6,00	4,21	1,00	4,21	4,21	6,00
2-29	5,30	5,12	1,00	5,12	6,00	5,74
2-30	2,58	2,09	1,00	1,00	6,00	1,65
2-31	5,42	5,45	1,00	5,59	6,00	5,29
2-32	6,00	5,98	1,00	4,81	5,15	5,95
2-33	4,99	1,86	1,00	5,37	6,00	2,78
2-34	3,53	6,00	4,18	1,00	2,05	4,63
2-35	4,44	4,36	1,00	3,77	6,00	4,98

Tablo 3.65'in devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
2-36	4,47	3,77	1,00	5,88	6,00	4,02
2-37	1,00	6,00	1,53	1,98	3,35	2,72
2-38	4,47	4,73	1,00	4,56	6,00	4,73
2-39	5,04	2,92	6,00	1,58	2,15	1,00
2-40	1,44	1,45	x	1,00	5,00	5,00
2-41	5,22	2,77	1,00	5,40	6,00	4,18
2-42	4,99	1,00	4,09	5,11	6,00	2,37
2-43	1,91	4,53	4,81	1,37	1,00	6,00
2-44	3,85	6,00	1,00	3,02	3,06	5,04
2-45	1,33	4,92	2,71	1,00	1,10	6,00
2-46	1,00	1,00	6,00	3,50	6,00	2,88
2-47	1,00	2,25	1,00	3,50	6,00	2,88
2-48	3,89	3,63	1,00	5,21	6,00	3,63
2-49	3,09	1,59	1,00	4,25	6,00	1,59
2-50	2,63	2,03	1,00	3,77	6,00	2,74
2-51	3,82	2,76	1,00	5,07	6,00	2,57
2-52	3,39	3,39	1,00	4,18	6,00	3,05
2-53	3,03	2,17	1,00	4,36	6,00	1,97
2-54	3,93	6,00	1,00	4,31	5,20	3,26
2-55	3,23	2,99	1,00	4,25	6,00	2,63
2-56	3,35	1,29	1,00	1,59	6,00	4,53
2-57	6,00	4,51	1,00	3,81	4,25	3,98
2-58	4,55	3,90	1,00	5,05	6,00	3,64
2-59	3,21	2,58	1,00	3,32	6,00	3,58
2-60	3,02	6,00	1,00	2,40	3,02	5,12
2-61	4,38	3,73	1,00	4,77	6,00	3,64
2-62	4,48	3,88	1,00	5,55	6,00	6,00
2-63	1,00	1,74	x	3,18	5,00	2,89
2-64	5,27	3,08	1,05	5,76	6,00	1,00
2-65	4,85	1,00	1,39	5,45	6,00	2,52
2-66	2,75	2,77	1,00	3,72	4,56	6,00
2-67	4,88	2,42	1,00	5,54	6,00	3,64
2-68	6,00	4,98	1,00	3,16	5,32	1,80
2-69	6,00	4,11	1,00	3,16	2,08	1,14
2-70	1,00	2,36	5,09	1,91	2,82	6,00
2-71	1,63	6,00	2,62	1,00	1,18	3,34
2-72	6,00	2,43	1,20	1,00	2,33	3,14
2-73	1,11	1,06	1,33	1,00	1,20	6,00
Ortalama	3,80	3,48	1,47	3,93	5,00	3,92

Tablo 3.66 Fonksiyonların *KS* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-1	2,41	1,42	1,00	3,62	6,00	1,15
3-2	2,16	1,97	2,22	1,39	6,00	1,00
3-3	1,00	1,53	x	2,12	5,00	1,80
3-4	5,00	5,00	x	1,00	2,82	3,75
3-5	1,00	4,15	2,34	1,87	6,00	3,72
3-6	6,00	4,81	4,22	4,51	1,91	1,00
3-7	6,00	5,35	1,69	4,73	3,54	1,00
3-8	2,37	1,47	1,00	3,24	6,00	1,76
3-9	1,00	1,18	1,70	3,54	6,00	1,46
3-10	4,77	4,50	1,00	3,86	6,00	4,10
3-11	6,00	5,27	1,00	4,71	3,00	3,58
3-12	1,98	1,00	1,74	3,24	6,00	2,29
3-13	3,60	1,74	1,00	3,25	6,00	1,65
3-14	5,00	2,59	x	2,07	2,42	1,00
3-15	2,41	2,14	1,00	3,56	6,00	1,22
3-16	3,97	3,98	2,57	6,00	4,90	1,00
3-17	1,00	2,37	x	2,44	5,00	3,77
3-18	6,00	4,20	1,17	3,75	1,00	2,76
3-19	3,60	1,21	1,19	4,72	6,00	1,00
3-20	4,93	6,00	1,00	5,35	6,00	5,50
3-21	5,00	1,00	x	4,20	1,79	4,02
3-22	4,38	4,29	1,00	4,98	6,00	3,94
3-23	6,00	5,58	2,49	3,95	1,00	3,15
3-24	2,50	1,98	1,00	3,74	6,00	1,20

Tablo 3.66'nın devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-25	6,00	4,35	1,00	4,36	3,24	3,27
3-26	3,25	1,63	1,00	4,38	6,00	1,64
3-27	3,20	3,33	1,00	3,87	6,00	2,40
3-28	6,00	5,43	2,95	1,06	2,77	1,00
3-29	5,40	4,97	1,00	4,24	6,00	5,04
3-30	1,63	1,68	1,00	2,74	6,00	1,33
3-31	5,76	6,00	1,00	5,32	4,62	5,53
3-32	1,00	1,19	1,59	3,77	6,00	1,87
3-33	2,11	6,00	1,00	5,52	2,86	1,35
3-34	6,00	5,09	1,00	3,65	2,28	3,99
3-35	2,25	1,97	1,00	2,57	6,00	1,19
3-36	6,00	3,65	1,00	3,95	1,60	3,43
3-37	1,00	3,79	4,43	6,00	5,68	5,78
3-38	1,60	6,00	1,00	1,78	2,01	3,16
3-39	1,72	1,00	x	2,64	5,00	3,27
3-40	1,18	6,00	3,25	1,00	3,68	5,34
3-41	1,76	1,00	x	1,67	5,00	1,82
3-42	1,00	1,49	x	2,86	5,00	3,76
3-43	1,00	1,88	2,16	4,30	6,00	1,71
3-44	4,77	6,00	1,00	5,29	5,76	4,13
3-45	1,15	2,85	1,00	3,84	6,00	3,55
3-46	3,98	1,82	1,00	4,88	6,00	1,91
3-47	6,00	4,24	1,37	3,01	1,00	1,49
3-48	3,05	3,23	1,00	4,58	6,00	4,38
3-49	6,00	4,12	1,00	4,22	2,79	2,19
3-50	6,00	4,60	1,00	3,93	5,89	1,89
3-51	1,18	1,43	x	1,00	5,00	2,77
3-52	6,00	3,26	1,42	1,00	5,74	3,12
3-53	4,67	6,00	1,17	1,88	3,84	1,00
3-54	1,01	2,77	1,00	2,84	6,00	2,05
3-55	1,00	2,03	4,22	2,97	6,00	4,27
3-56	1,00	1,09	x	3,18	5,00	1,16
3-57	6,00	3,94	1,07	3,28	1,00	1,38
3-58	5,00	1,43	x	1,43	2,74	1,00
3-59	6,00	3,62	1,00	2,24	1,65	1,30
3-60	1,45	6,00	1,00	1,69	1,57	1,02
3-61	1,83	1,98	6,00	1,00	5,11	5,74
3-62	3,05	1,00	x	5,00	3,54	2,71
3-63	3,45	1,51	1,00	5,04	6,00	2,14
3-64	1,00	2,81	3,84	3,33	6,00	5,17
3-65	6,00	4,86	1,00	4,46	4,13	1,28
3-66	1,19	1,00	x	2,61	5,00	1,56
3-67	2,09	6,00	1,00	1,76	1,57	4,27
3-68	3,22	3,85	1,46	4,95	6,00	1,00
3-69	1,19	1,00	x	1,94	5,00	2,07
3-70	1,27	1,00	3,99	4,34	6,00	2,38
3-71	5,26	4,88	1,00	5,36	6,00	5,02
3-72	1,14	1,00	2,15	2,64	6,00	3,24
3-73	6,00	4,84	2,96	1,85	1,00	2,73
3-74	4,34	5,40	4,66	1,88	1,00	6,00
3-75	2,13	1,10	1,00	3,98	6,00	1,57
3-76	3,14	5,66	1,00	4,46	6,00	2,79
3-77	1,37	5,25	1,00	1,69	2,94	6,00
3-78	2,23	6,00	1,00	3,02	4,45	2,55
3-79	3,26	1,80	x	1,00	5,00	1,79
3-80	1,45	1,00	2,02	2,61	6,00	1,13
3-81	6,00	2,30	1,00	2,79	2,65	4,14
3-82	6,00	4,89	1,00	4,23	2,06	1,14
3-83	1,00	1,59	2,23	3,32	6,00	1,39
3-84	2,68	2,59	1,00	3,59	6,00	2,20
3-85	5,00	4,74	x	3,33	1,00	2,99
3-86	2,18	1,00	1,25	3,82	6,00	1,54
3-87	1,34	1,00	x	1,48	5,00	3,01
3-88	2,38	1,23	1,00	3,94	6,00	1,26
3-89	2,57	1,00	3,21	5,42	6,00	1,29
3-90	1,00	6,00	2,62	3,76	5,07	5,11
3-91	2,82	6,00	1,00	3,22	3,81	5,06
3-92	3,41	6,00	2,42	1,86	1,00	5,29
3-93	3,89	1,62	1,00	5,12	6,00	2,04
3-94	1,77	1,00	x	4,06	5,00	1,98

Tablo 3.66'nın devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-95	1,00	5,00	x	3,85	4,14	4,33
3-96	3,05	1,79	2,01	4,66	6,00	1,00
3-97	3,21	1,00	1,29	4,94	6,00	1,34
3-98	1,00	1,22	2,10	2,79	6,00	1,31
3-99	4,00	2,56	2,29	6,00	4,08	1,00
3-100	2,01	6,00	1,00	3,21	5,78	3,92
3-101	6,00	5,37	2,04	4,24	2,27	1,00
3-102	5,03	4,14	1,00	2,56	6,00	1,02
3-103	5,80	6,00	1,00	5,89	5,34	5,98
3-104	6,00	5,51	1,00	5,06	3,23	3,13
3-105	2,71	1,70	3,88	1,00	2,92	6,00
3-106	3,63	6,00	1,00	2,22	4,75	4,92
3-107	1,00	5,77	2,99	5,70	3,77	6,00
3-108	2,82	4,21	1,00	3,77	6,00	2,82
3-109	6,00	5,41	1,00	5,15	3,32	2,53
3-110	1,91	6,00	1,00	4,04	3,72	4,06
3-111	2,86	1,92	1,00	5,52	6,00	3,61
3-112	6,00	5,61	1,00	4,96	3,08	2,68
3-113	6,00	4,83	4,14	3,98	3,56	1,00
3-114	1,02	1,00	5,22	1,75	6,00	1,31
3-115	4,10	3,43	1,00	4,65	6,00	3,09
3-116	3,17	4,93	1,00	4,45	6,00	5,64
3-117	6,00	4,10	1,00	1,15	3,27	4,05
3-118	1,00	6,00	1,07	1,88	2,72	5,17
3-119	3,31	5,64	1,00	4,71	5,49	6,00
3-120	5,00	2,90	x	2,23	1,00	1,90
3-121	1,75	6,00	1,00	1,93	2,18	4,72
3-122	1,65	6,00	1,00	1,81	2,42	2,26
3-123	1,00	1,78	2,19	2,97	6,00	2,52
3-124	4,60	6,00	2,47	1,00	1,61	5,88
3-125	3,47	2,81	1,00	4,53	6,00	1,99
3-126	6,00	3,87	1,00	3,16	2,72	3,16
3-127	1,00	1,98	4,65	3,52	6,00	5,15
3-128	6,00	4,60	1,16	4,05	3,83	1,00
3-129	1,11	1,00	1,33	3,39	6,00	1,07
3-130	2,56	1,39	1,00	5,42	6,00	2,61
3-131	3,47	3,68	x	1,00	1,31	5,00
3-132	2,41	1,45	1,00	3,70	6,00	1,33
3-133	4,06	1,00	2,07	5,36	6,00	1,62
3-134	2,12	1,56	1,00	4,02	6,00	1,07
3-135	1,00	1,32	2,53	3,12	6,00	2,78
3-136	3,70	5,13	1,00	5,07	6,00	1,28
3-137	1,00	6,00	1,63	1,27	1,44	4,41
3-138	6,00	5,59	1,00	4,78	3,08	4,32
3-139	1,33	6,00	1,00	1,87	2,37	3,92
3-140	4,79	4,81	1,00	5,69	6,00	4,48
3-141	3,11	1,50	1,00	4,51	6,00	1,25
3-142	4,60	3,09	1,00	5,39	6,00	2,32
3-143	6,00	5,07	4,15	2,65	1,01	1,00
3-144	1,00	2,10	6,00	3,05	2,76	5,52
3-145	2,36	1,00	1,39	4,44	6,00	1,55
3-146	2,83	4,66	1,39	4,02	6,00	1,00
3-147	2,63	5,19	3,45	2,89	1,00	6,00
3-148	2,76	2,19	1,00	2,97	6,00	1,41
3-149	5,00	3,68	x	2,79	2,68	1,00
3-150	5,72	5,33	1,00	6,00	5,29	5,74
3-151	5,00	3,32	x	1,19	3,39	1,00
Ortalama	3,31	3,44	1,70	3,47	4,45	2,81

Tablo 3.67 Fonksiyonların *AD* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-1	1,18	1,16	1,00	1,84	6,00	1,04
3-2	3,76	3,21	1,00	2,81	6,00	2,94
3-3	1,05	1,00	x	1,21	5,00	1,77
3-4	1,74	1,58	x	1,00	5,00	2,02
3-5	1,00	1,53	1,13	1,46	6,00	1,62
3-6	2,08	1,67	6,00	1,59	1,08	1,00
3-7	6,00	4,25	1,27	3,50	2,61	1,00
3-8	3,26	2,87	1,00	2,90	6,00	2,60
3-9	1,52	1,23	1,00	2,06	6,00	1,55
3-10	3,09	2,96	1,00	3,76	6,00	2,75
3-11	1,35	1,23	6,00	1,19	1,00	1,11
3-12	2,47	1,80	1,00	2,72	6,00	1,91
3-13	3,74	2,70	1,00	2,73	6,00	2,03
3-14	5,00	1,91	x	1,30	2,03	1,00
3-15	1,53	1,47	1,00	2,13	6,00	1,14
3-16	1,00	1,37	1,39	2,87	6,00	1,41
3-17	1,00	1,32	x	1,74	5,00	3,66
3-18	6,00	3,53	1,00	2,91	1,87	1,68
3-19	2,34	1,00	1,18	3,52	6,00	1,13
3-20	5,43	5,60	1,00	5,03	6,00	5,09
3-21	4,54	1,60	x	1,00	5,00	3,55
3-22	1,08	1,00	6,00	1,30	1,56	1,00
3-23	6,00	4,35	1,77	2,93	1,00	2,28
3-24	2,13	1,03	1,00	1,98	6,00	1,03
3-25	6,00	3,89	1,00	3,35	2,12	2,21
3-26	1,98	1,18	1,00	3,12	6,00	1,32
3-27	1,17	1,20	1,00	1,62	6,00	1,21
3-28	6,00	3,50	1,00	1,93	2,80	1,76
3-29	4,41	4,07	1,00	4,10	6,00	3,84
3-30	2,21	2,15	1,00	2,55	6,00	2,12
3-31	5,47	5,09	1,00	3,75	3,44	6,00
3-32	1,00	1,01	1,31	1,97	6,00	1,53
3-33	1,00	3,87	6,00	1,36	1,40	1,11
3-34	6,00	3,95	1,00	3,13	2,44	2,71
3-35	1,39	1,00	1,03	1,32	6,00	1,69
3-36	6,00	3,13	1,00	2,72	2,05	2,89
3-37	3,12	3,46	1,00	4,30	4,57	6,00
3-38	1,05	6,00	1,00	1,12	1,21	4,03
3-39	1,07	1,00	x	1,63	5,00	2,46
3-40	1,59	1,83	1,00	2,62	6,00	1,79
3-41	3,35	2,04	x	1,00	5,00	3,84
3-42	1,03	1,00	x	1,45	5,00	2,52
3-43	1,98	1,00	2,29	3,86	6,00	1,12
3-44	1,00	6,00	4,26	1,08	1,18	1,85
3-45	2,39	2,39	1,00	2,80	6,00	2,63
3-46	2,52	1,34	1,00	3,89	6,00	1,27
3-47	6,00	2,25	1,19	1,26	1,01	1,00
3-48	1,53	1,45	1,00	2,78	6,00	2,59
3-49	6,00	2,75	1,81	2,38	1,84	1,00
3-50	2,63	1,70	6,00	1,59	1,95	1,00
3-51	1,28	1,44	x	1,00	5,00	2,54
3-52	6,00	2,55	1,00	1,32	2,83	1,59
3-53	6,00	4,20	1,37	2,00	1,00	1,32
3-54	1,47	1,47	1,00	2,66	6,00	1,35
3-55	3,52	1,28	1,00	1,69	6,00	2,10
3-56	1,03	1,00	x	1,72	5,00	1,52
3-57	6,00	3,08	1,10	2,25	1,00	1,06
3-58	5,00	1,71	x	1,00	2,07	2,97
3-59	6,00	2,63	1,02	1,26	1,00	1,13
3-60	1,03	6,00	1,00	1,07	1,10	4,53
3-61	4,89	3,94	1,00	3,53	5,18	6,00
3-62	1,24	1,00	x	2,51	5,00	2,05
3-63	1,10	1,00	1,38	2,54	6,00	1,28
3-64	1,38	1,00	1,57	4,17	6,00	1,63
3-65	6,00	3,80	1,88	3,28	3,67	1,00
3-66	1,14	1,00	x	1,84	5,00	2,39
3-67	1,12	6,00	1,00	1,11	1,13	5,31
3-68	1,00	2,66	6,00	1,42	1,83	2,96
3-69	1,06	1,00	x	1,28	5,00	2,32
3-70	1,83	1,00	3,92	3,60	6,00	1,94

Tablo 3.67'nin devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-71	5,27	4,78	1,00	4,41	6,00	4,95
3-72	1,55	1,00	1,15	2,45	6,00	1,33
3-73	6,00	2,40	1,66	1,05	1,00	1,70
3-74	1,99	3,25	2,34	1,00	6,00	4,67
3-75	1,30	1,00	1,48	2,55	6,00	1,32
3-76	1,00	2,12	6,00	1,54	2,30	5,87
3-77	1,46	6,00	1,00	1,49	1,83	2,41
3-78	1,14	6,00	1,00	1,29	1,78	1,14
3-79	3,38	1,86	x	1,00	5,00	2,48
3-80	1,92	1,79	1,00	2,29	6,00	1,63
3-81	6,00	3,16	1,00	2,23	1,93	2,51
3-82	6,00	4,07	1,70	3,30	1,54	1,00
3-83	1,13	1,00	1,47	1,65	6,00	1,36
3-84	1,51	1,33	1,00	2,62	6,00	1,27
3-85	5,00	3,83	x	1,98	1,00	1,74
3-86	1,24	1,00	1,24	2,37	6,00	1,47
3-87	3,72	1,91	x	1,00	5,00	2,77
3-88	1,91	1,87	1,00	2,51	6,00	1,64
3-89	1,07	1,00	6,00	1,38	1,60	1,03
3-90	1,00	1,56	1,38	3,01	6,00	2,03
3-91	4,54	6,00	1,00	4,40	5,25	5,16
3-92	2,13	6,00	1,05	1,11	1,00	5,11
3-93	2,53	1,58	1,00	4,62	6,00	1,44
3-94	1,34	1,00	x	2,73	5,00	2,34
3-95	1,00	1,33	x	1,96	5,00	2,19
3-96	2,27	1,00	2,52	4,50	6,00	1,08
3-97	2,17	1,00	2,31	4,07	6,00	1,35
3-98	1,05	1,00	1,32	2,61	6,00	1,19
3-99	1,00	1,51	6,00	1,77	1,60	5,38
3-100	2,55	2,37	1,00	3,39	6,00	1,94
3-101	6,00	4,72	1,53	3,55	3,61	1,00
3-102	6,00	2,47	1,12	1,84	3,58	1,00
3-103	6,00	4,42	1,00	3,90	4,28	5,05
3-104	6,00	4,14	1,00	3,42	1,27	1,76
3-105	6,00	3,37	1,00	2,79	1,37	3,09
3-106	2,18	2,47	1,00	3,25	6,00	2,17
3-107	1,00	1,94	1,58	4,04	6,00	2,51
3-108	1,84	1,93	1,00	2,37	6,00	1,43
3-109	6,00	4,26	4,57	3,69	1,00	1,16
3-110	1,00	6,00	5,16	1,31	1,41	5,36
3-111	4,49	2,59	1,00	5,26	6,00	3,72
3-112	1,36	1,23	6,00	1,18	1,00	1,03
3-113	1,76	1,44	6,00	1,36	1,23	1,00
3-114	1,53	1,06	1,05	1,03	6,00	1,00
3-115	1,40	1,02	1,90	2,15	6,00	1,00
3-116	1,11	6,00	1,00	1,17	1,27	4,26
3-117	5,37	4,11	1,00	4,09	6,00	3,72
3-118	1,00	6,00	1,01	1,24	1,58	4,97
3-119	1,00	5,94	5,25	1,17	1,36	6,00
3-120	5,00	1,74	x	1,00	1,19	1,39
3-121	1,09	6,00	1,00	1,19	1,46	4,93
3-122	1,24	6,00	1,00	1,40	1,81	3,59
3-123	1,09	1,00	1,11	2,16	6,00	1,33
3-124	4,73	5,86	1,00	2,00	2,93	6,00
3-125	2,08	1,87	1,00	3,32	6,00	1,54
3-126	6,00	3,28	1,00	3,01	2,32	2,38
3-127	2,43	1,00	1,98	1,75	6,00	2,87
3-128	2,05	1,47	6,00	1,37	1,37	1,00
3-129	1,08	1,02	1,00	2,49	6,00	1,17
3-130	1,41	1,00	1,89	3,54	6,00	1,61
3-131	2,49	2,84	x	1,00	4,29	5,00
3-132	1,10	1,00	6,00	1,19	1,52	1,00
3-133	1,91	1,00	6,00	2,46	3,55	1,10
3-134	1,98	1,52	1,00	2,10	6,00	1,16
3-135	1,49	1,00	1,38	2,67	6,00	1,44
3-136	1,54	2,66	1,00	1,85	2,17	6,00
3-137	1,00	6,00	1,02	1,04	1,14	5,20
3-138	6,00	5,02	1,00	4,63	3,50	4,67
3-139	2,03	5,45	1,00	3,49	6,00	4,00
3-140	6,00	4,22	1,00	4,35	5,47	3,52

Tablo 3.67'nin devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-141	1,38	1,00	6,00	1,90	2,63	1,09
3-142	3,62	3,19	1,00	4,45	6,00	2,89
3-143	6,00	3,52	1,10	2,33	1,00	1,14
3-144	6,00	1,18	2,33	1,00	2,78	3,21
3-145	1,37	1,00	1,10	3,15	6,00	1,23
3-146	1,25	6,00	1,00	1,44	2,06	1,25
3-147	1,00	4,12	2,26	4,54	2,98	6,00
3-148	1,30	1,62	1,03	2,58	6,00	1,00
3-149	5,00	2,95	x	2,03	2,56	1,00
3-150	1,20	3,81	6,00	1,15	1,00	3,82
3-151	5,00	2,32	x	1,00	2,99	2,58
Ortalama	2,82	2,63	1,94	2,35	4,00	2,41

Tablo 3.68 Fonksiyonların X^2 ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-1	3,71	2,11	3,84	1,00	6,00	3,03
3-2	5,16	6,00	1,00	4,49	1,67	1,30
3-3	4,61	1,00	x	1,08	5,00	1,03
3-4	2,53	2,48	x	4,82	1,00	5,00
3-5	6,00	1,17	2,51	3,23	1,00	1,69
3-6	5,00	4,27	---	4,87	4,30	1,00
3-7	3,67	6,00	1,13	4,57	3,67	1,00
3-8	1,98	1,00	1,33	6,00	4,47	3,08
3-9	3,55	4,93	5,17	1,00	3,21	6,00
3-10	1,13	1,26	3,10	6,00	3,95	1,00
3-11	1,80	2,83	---	5,00	1,00	2,88
3-12	6,00	1,85	4,07	1,00	3,45	1,92
3-13	5,64	3,04	1,77	3,31	6,00	1,00
3-14	3,37	1,93	x	2,21	5,00	1,00
3-15	1,00	1,59	1,28	6,00	5,80	2,35
3-16	4,16	1,82	2,24	6,00	2,38	1,00
3-17	1,00	4,55	x	4,93	5,00	4,75
3-18	4,82	1,00	1,74	5,94	6,00	2,02
3-19	1,37	5,22	5,05	1,00	6,00	4,32
3-20	4,59	3,49	5,89	6,00	4,98	1,00
3-21	2,59	5,00	x	4,12	1,00	4,07
3-22	4,20	1,00	---	3,09	5,00	1,25
3-23	5,47	6,00	1,21	4,55	1,00	3,13
3-24	2,55	1,67	1,04	6,00	5,36	1,00
3-25	6,00	4,83	3,79	5,10	4,84	1,00
3-26	1,61	2,91	2,86	1,00	6,00	1,47
3-27	1,00	1,39	2,53	2,92	6,00	1,60
3-28	1,11	3,23	4,61	3,06	6,00	1,00
3-29	2,76	2,76	3,47	2,39	6,00	1,00
3-30	1,83	1,86	1,00	6,00	5,21	1,50
3-31	2,23	2,02	4,63	6,00	1,00	2,72
3-32	5,97	6,00	5,93	3,44	1,00	5,97
3-33	1,60	---	---	1,00	1,53	4,00
3-34	6,00	2,38	2,64	1,19	1,02	1,00
3-35	6,00	5,96	2,12	1,00	1,85	1,83
3-36	4,31	2,16	6,00	2,17	1,00	2,29
3-37	1,00	4,62	1,82	3,92	3,97	6,00
3-38	1,00	---	2,23	2,98	4,00	---
3-39	3,57	1,00	x	2,34	5,00	1,13
3-40	2,18	2,11	1,00	6,00	4,60	4,06
3-41	5,00	4,99	x	1,03	1,00	3,58
3-42	1,00	2,02	x	4,09	5,00	4,67
3-43	6,00	3,24	1,00	3,69	3,64	3,14
3-44	2,86	---	---	4,00	2,80	1,00
3-45	1,01	1,00	6,00	3,22	3,47	1,18
3-46	1,48	1,00	1,47	5,47	6,00	1,18
3-47	5,80	6,00	4,42	1,00	4,33	4,38
3-48	1,00	1,61	2,59	6,00	3,50	5,14
3-49	4,40	1,86	1,00	3,23	6,00	1,42
3-50	1,00	3,65	---	2,08	5,00	4,27
3-51	3,68	5,00	x	2,49	1,00	4,98

Tablo 3.68'in devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-52	3,03	1,00	6,00	1,19	5,22	2,93
3-53	6,00	4,20	1,37	2,00	1,00	1,32
3-54	6,00	1,68	4,09	1,00	2,15	1,42
3-55	4,12	1,47	1,25	1,00	6,00	1,16
3-56	5,00	5,00	x	1,12	1,00	4,71
3-57	6,00	4,03	1,00	4,92	1,03	2,93
3-58	1,00	4,57	x	2,91	5,00	4,14
3-59	6,00	3,55	4,87	3,85	2,16	1,00
3-60	1,00	---	3,29	1,34	4,00	---
3-61	1,78	1,47	6,00	1,00	2,19	2,94
3-62	1,89	4,23	x	1,00	1,61	5,00
3-63	1,00	5,99	6,00	4,03	3,35	5,93
3-64	2,07	1,03	1,00	6,00	1,67	1,09
3-65	6,00	2,53	1,00	2,34	2,57	2,18
3-66	4,58	4,48	x	5,00	1,00	4,71
3-67	1,90	---	4,00	1,86	1,00	---
3-68	4,98	1,03	---	5,00	3,04	1,00
3-69	1,05	1,00	x	4,24	5,00	1,04
3-70	3,96	1,17	1,00	4,11	6,00	2,54
3-71	2,11	2,08	6,00	2,15	1,00	2,82
3-72	1,31	3,99	2,11	1,41	6,00	1,00
3-73	6,00	5,54	1,00	3,23	3,04	3,30
3-74	4,37	2,69	6,00	1,00	2,53	2,95
3-75	1,00	2,81	6,00	4,63	5,71	2,78
3-76	1,00	1,94	---	2,53	4,00	---
3-77	1,90	6,00	1,00	3,66	2,08	2,62
3-78	2,32	---	2,91	1,00	5,00	3,30
3-79	1,00	4,97	x	5,00	1,78	3,66
3-80	1,00	1,00	1,60	6,00	4,71	1,78
3-81	1,00	2,55	5,82	3,76	6,00	5,92
3-82	3,45	6,00	2,72	5,46	1,00	3,33
3-83	1,25	3,62	3,60	6,00	1,00	3,65
3-84	6,00	4,82	4,57	1,00	2,79	4,80
3-85	5,00	5,00	x	2,62	2,87	1,00
3-86	1,00	4,74	4,74	4,74	6,00	4,14
3-87	2,87	1,00	x	5,00	3,13	4,97
3-88	4,58	1,00	3,44	2,43	6,00	2,87
3-89	4,52	2,60	---	4,95	5,00	1,00
3-90	1,10	4,13	1,00	2,98	3,80	6,00
3-91	1,00	5,51	1,68	6,00	3,93	4,44
3-92	4,98	5,32	5,00	1,00	1,86	6,00
3-93	2,62	1,00	1,72	6,00	5,84	1,21
3-94	1,76	2,13	x	1,00	5,00	1,54
3-95	1,16	1,00	x	5,00	1,23	1,70
3-96	5,44	2,63	4,79	1,00	2,98	6,00
3-97	3,60	1,00	3,81	6,00	3,81	2,23
3-98	5,78	5,77	6,00	2,39	1,00	5,83
3-99	4,00	2,50	---	1,00	1,11	---
3-100	1,00	4,00	5,58	4,69	4,81	6,00
3-101	1,00	1,10	5,25	1,62	6,00	4,56
3-102	6,00	3,91	1,00	1,32	2,76	1,06
3-103	1,00	1,01	6,00	1,89	1,89	1,77
3-104	3,44	4,51	2,33	6,00	1,00	2,39
3-105	1,00	3,10	3,94	3,18	3,18	6,00
3-106	1,00	3,93	3,46	3,33	3,32	6,00
3-107	4,32	2,39	6,00	1,01	1,00	2,49
3-108	1,41	1,15	1,22	6,00	4,71	1,00
3-109	2,55	1,95	6,00	1,94	1,36	1,00
3-110	1,00	---	---	3,00	2,65	---
3-111	3,32	3,31	6,00	1,00	1,01	3,34
3-112	3,47	1,00	---	5,00	4,26	3,87
3-113	2,92	1,00	---	2,79	5,00	2,54
3-114	1,00	5,21	6,00	5,33	2,41	5,08
3-115	1,00	2,47	2,05	1,18	6,00	3,21
3-116	2,37	---	1,48	3,05	1,00	5,00
3-117	3,87	3,95	1,09	1,00	6,00	3,04
3-118	1,17	1,96	1,00	1,93	3,06	6,00
3-119	1,00	---	---	3,00	3,00	---
3-120	1,00	5,00	x	4,88	4,83	4,80

Tablo 3.68'in devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-121	1,34	5,52	1,00	1,28	1,07	6,00
3-122	3,01	6,00	2,95	1,00	2,68	3,70
3-123	1,00	2,23	3,42	1,07	6,00	4,76
3-124	4,93	5,17	6,00	1,00	1,59	5,85
3-125	3,95	1,84	4,63	4,87	6,00	1,00
3-126	5,84	1,00	4,87	6,00	5,79	1,33
3-127	3,86	1,00	5,84	1,66	3,17	6,00
3-128	1,00	2,76	---	5,00	3,34	1,62
3-129	1,57	1,57	3,20	1,00	6,00	1,58
3-130	2,14	2,99	1,92	2,59	6,00	1,00
3-131	2,68	2,72	x	1,00	2,60	5,00
3-132	1,00	2,43	---	4,23	5,00	2,56
3-133	1,99	1,00	---	5,00	2,18	1,29
3-134	1,00	2,11	6,00	1,28	1,98	2,24
3-135	1,77	3,00	2,96	3,23	6,00	1,00
3-136	3,69	4,26	1,00	3,56	5,00	---
3-137	1,20	---	4,00	1,00	3,55	---
3-138	6,00	5,74	4,24	1,25	1,00	1,35
3-139	4,42	4,14	1,00	4,24	6,00	5,51
3-140	2,29	2,06	1,00	5,88	6,00	2,24
3-141	5,00	1,00	---	3,16	2,82	2,36
3-142	6,00	2,61	1,00	5,05	1,22	2,57
3-143	5,44	5,08	6,00	3,01	2,86	1,00
3-144	1,00	3,54	2,43	4,76	6,00	5,67
3-145	3,86	1,00	1,48	1,37	6,00	1,43
3-146	2,58	---	1,12	1,37	5,00	1,00
3-147	1,00	4,36	1,67	2,36	6,00	3,58
3-148	4,29	6,00	3,94	1,00	5,15	4,69
3-149	5,00	1,57	x	1,95	1,85	1,00
3-150	2,84	---	---	3,00	1,00	---
3-151	5,00	4,76	x	4,72	1,00	4,69
Ortalama	3,04	3,06	3,21	3,22	3,56	2,95

Tablo 3.69 Fonksiyonların *e* ölçütüne göre rölatif sıralamaları (Ekorejyon 3)

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-1	4,90	4,58	1,00	5,23	6,00	4,42
3-2	4,53	4,54	1,00	4,95	6,00	4,97
3-3	1,00	1,97	x	2,45	5,00	2,34
3-4	1,00	1,08	x	2,10	5,00	1,78
3-5	3,02	2,24	1,00	3,70	6,00	3,19
3-6	3,21	3,77	1,00	3,91	5,11	6,00
3-7	1,42	1,43	1,00	1,50	1,48	5,00
3-8	6,00	5,48	1,00	4,81	5,70	5,48
3-9	3,08	3,29	1,00	2,88	6,00	3,92
3-10	5,17	6,00	1,00	6,00	6,00	4,75
3-11	6,00	5,57	1,00	4,26	2,74	3,17
3-12	5,97	5,81	1,00	5,89	6,00	5,69
3-13	5,83	5,76	1,00	5,79	6,00	5,58
3-14	1,00	1,72	x	2,59	5,00	4,68
3-15	6,00	5,96	1,00	5,81	5,97	5,68
3-16	2,90	2,35	1,00	5,01	6,00	2,79
3-17	1,00	2,79	x	3,11	3,94	5,00
3-18	1,00	1,65	2,74	1,87	6,00	5,78
3-19	4,04	1,72	1,00	4,93	6,00	1,81
3-20	5,35	6,00	1,00	4,85	4,92	5,68
3-21	1,77	1,52	x	3,32	5,00	1,00
3-22	4,88	4,49	1,00	5,93	6,00	4,29
3-23	6,00	5,40	1,00	3,80	4,00	4,00
3-24	4,43	4,77	1,00	5,42	6,00	4,87
3-25	5,06	5,28	1,00	5,52	6,00	5,93
3-26	4,12	2,08	1,00	4,94	6,00	2,15
3-27	4,39	4,39	1,00	4,81	6,00	4,50
3-28	6,00	5,53	1,00	4,87	6,00	5,91
3-29	4,56	4,53	1,00	5,12	6,00	4,33
3-30	3,76	3,65	1,00	4,35	6,00	3,35
3-31	6,00	5,22	1,00	5,53	5,69	5,53

Tablo 3.69'un devamı

Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-32	4,48	4,44	1,00	5,18	6,00	4,49
3-33	3,62	1,77	1,00	6,00	5,72	3,11
3-34	6,00	5,70	1,00	5,77	5,70	5,77
3-35	2,39	2,35	1,00	3,99	6,00	2,48
3-36	6,00	4,75	3,50	2,67	1,00	3,29
3-37	2,86	2,98	5,88	1,00	1,70	6,00
3-38	5,32	2,05	1,00	5,67	6,00	1,87
3-39	1,00	1,35	x	2,41	5,00	1,76
3-40	3,99	3,56	1,00	4,66	6,00	3,32
3-41	3,67	2,78	x	1,00	5,00	2,33
3-42	1,00	1,58	x	2,53	5,00	1,33
3-43	1,00	5,84	6,00	3,74	4,23	5,84
3-44	4,25	3,63	1,00	3,98	3,46	6,00
3-45	2,35	2,83	1,00	4,27	6,00	2,54
3-46	5,50	5,00	1,00	5,54	6,00	4,75
3-47	3,99	4,67	1,00	5,26	6,00	5,81
3-48	2,20	2,09	1,00	4,93	6,00	2,88
3-49	6,00	3,12	1,00	2,15	3,21	1,38
3-50	1,27	1,21	1,68	1,00	1,72	6,00
3-51	1,00	1,06	x	1,38	5,00	1,25
3-52	3,85	3,97	1,00	4,42	6,00	5,30
3-53	1,70	1,28	1,45	6,00	1,00	1,64
3-54	3,67	3,95	1,00	4,36	6,00	3,53
3-55	5,81	5,41	1,00	5,48	6,00	5,27
3-56	2,30	2,41	x	3,46	5,00	1,00
3-57	6,00	5,07	1,00	4,79	5,29	4,85
3-58	1,00	5,00	x	2,53	3,98	1,68
3-59	6,00	2,93	1,00	1,73	2,40	1,73
3-60	5,37	1,00	3,68	5,78	6,00	4,00
3-61	5,72	5,58	1,00	4,26	3,57	6,00
3-62	2,25	1,51	x	3,59	5,00	1,00
3-63	3,81	2,66	1,00	4,72	6,00	2,73
3-64	5,38	2,88	1,00	5,17	6,00	2,67
3-65	3,20	3,20	1,00	2,07	6,00	2,73
3-66	1,22	1,00	x	2,73	5,00	2,62
3-67	4,61	5,24	1,00	4,99	6,00	5,75
3-68	5,23	2,21	1,00	5,73	6,00	2,81
3-69	1,24	1,12	x	2,21	5,00	1,00
3-70	3,97	3,03	1,00	5,32	6,00	3,12
3-71	2,54	6,00	1,00	2,83	4,03	2,52
3-72	3,54	2,75	1,00	4,32	6,00	2,49
3-73	5,35	4,90	1,00	5,35	6,00	5,90
3-74	4,73	4,48	1,00	5,23	6,00	4,20
3-75	2,23	6,00	1,00	2,69	3,42	2,02
3-76	3,75	1,00	1,70	5,15	6,00	1,23
3-77	2,59	6,00	1,00	2,55	2,40	6,00
3-78	1,00	6,00	1,37	1,91	3,50	2,45
3-79	1,00	1,98	x	2,71	4,11	5,00
3-80	5,17	5,05	1,00	5,38	6,00	4,93
3-81	6,00	5,45	1,00	5,88	5,69	5,92
3-82	2,35	3,40	1,00	3,65	5,50	6,00
3-83	1,38	1,90	1,00	3,53	6,00	2,49
3-84	5,13	4,82	1,00	5,47	6,00	5,93
3-85	1,19	1,00	x	2,31	5,00	1,81
3-86	2,59	1,66	1,00	3,95	6,00	2,40
3-87	1,00	2,28	x	2,18	5,00	3,26
3-88	3,45	2,61	1,00	4,46	6,00	2,61
3-89	3,33	2,13	1,00	4,75	6,00	2,13
3-90	4,01	3,36	1,00	4,67	6,00	2,96
3-91	4,99	5,42	1,00	5,49	6,00	5,41
3-92	5,22	3,20	1,00	5,70	6,00	3,23
3-93	4,96	5,68	1,00	5,68	6,00	5,37
3-94	1,88	1,00	x	3,88	5,00	3,24
3-95	1,76	1,38	x	3,48	5,00	1,00
3-96	4,18	4,08	1,00	5,39	6,00	3,98
3-97	5,05	5,04	1,00	5,36	6,00	4,74
3-98	1,83	2,30	1,00	3,78	6,00	2,57
3-99	3,92	1,87	1,00	5,80	6,00	2,25
3-100	5,34	5,87	1,00	5,07	6,00	5,87
3-101	1,00	2,28	2,74	2,63	5,77	6,00

Tablo 3.69'un devamı

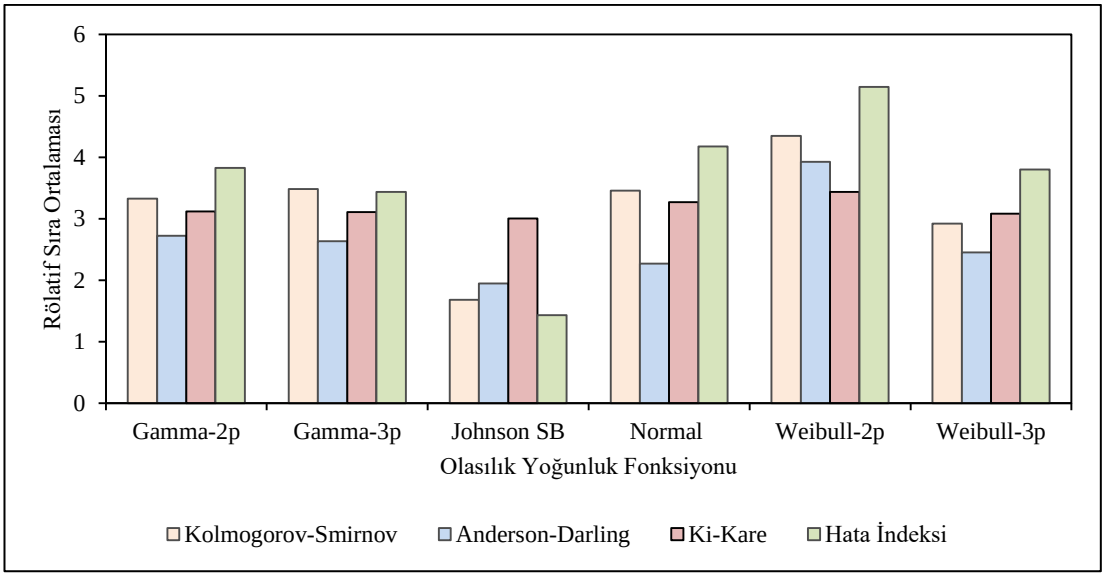
Örnek Alan No	Rölatif Sıralama					
	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Normal	Weibull-2p	Weibull-3p
3-102	4,03	2,67	1,00	2,21	6,00	1,91
3-103	4,75	1,00	2,25	4,75	3,50	6,00
3-104	6,00	5,14	1,00	5,31	4,10	2,72
3-105	1,00	2,24	4,35	3,27	4,92	6,00
3-106	5,96	5,86	1,00	5,77	6,00	5,74
3-107	3,01	2,90	1,00	5,13	6,00	4,04
3-108	4,65	6,00	1,00	3,08	1,42	5,55
3-109	6,00	5,78	1,00	5,44	4,71	4,47
3-110	4,26	3,72	1,00	5,40	6,00	5,08
3-111	5,44	3,22	1,00	1,83	2,11	6,00
3-112	6,00	5,41	2,03	4,09	3,21	1,00
3-113	5,15	5,23	1,00	4,46	6,00	2,92
3-114	4,11	4,26	1,00	4,98	6,00	4,66
3-115	5,06	4,82	1,00	5,26	6,00	4,67
3-116	5,14	1,95	1,00	5,50	6,00	3,22
3-117	5,55	5,53	1,00	5,78	6,00	5,40
3-118	4,77	1,00	1,43	5,34	6,00	2,80
3-119	5,10	1,29	3,53	5,61	6,00	1,00
3-120	1,00	2,60	x	4,20	5,00	3,67
3-121	5,00	1,11	1,00	5,34	6,00	2,44
3-122	5,26	2,15	1,00	5,58	6,00	3,71
3-123	5,44	5,06	1,00	5,63	6,00	4,94
3-124	6,00	5,54	1,00	5,16	5,37	5,41
3-125	4,57	3,98	1,00	5,13	6,00	4,03
3-126	6,00	4,61	1,00	4,16	3,65	2,90
3-127	6,00	1,36	1,00	1,00	3,14	2,43
3-128	5,31	4,10	1,86	2,90	6,00	1,00
3-129	2,67	2,67	5,17	6,00	5,17	1,00
3-130	3,15	2,61	1,00	4,84	6,00	3,13
3-131	1,45	1,30	x	3,13	5,00	1,00
3-132	5,67	6,00	1,00	5,46	5,53	5,99
3-133	5,15	4,02	1,00	5,62	6,00	4,11
3-134	3,18	3,11	1,00	4,61	6,00	3,01
3-135	4,56	3,88	1,00	5,19	6,00	4,02
3-136	5,00	1,00	1,07	5,58	6,00	2,80
3-137	4,57	1,61	1,00	5,23	6,00	2,82
3-138	3,50	2,25	1,00	3,50	5,38	6,00
3-139	3,14	4,93	1,00	4,21	6,00	2,96
3-140	1,93	3,20	1,00	5,07	6,00	3,88
3-141	2,48	1,26	2,19	4,26	6,00	1,00
3-142	4,12	3,53	1,00	5,12	6,00	3,29
3-143	6,00	3,41	4,33	2,85	2,67	1,00
3-144	2,38	4,03	1,00	4,53	5,50	6,00
3-145	3,32	2,70	1,00	4,78	6,00	2,49
3-146	5,25	2,50	1,00	5,52	6,00	3,75
3-147	2,23	1,68	1,00	6,00	5,52	4,15
3-148	2,71	2,56	1,00	4,42	6,00	2,91
3-149	2,58	1,67	x	1,00	4,33	5,00
3-150	3,76	3,82	6,00	1,00	2,15	2,90
3-151	1,12	1,00	x	2,29	5,00	3,35
Ortalama	3,82	3,42	1,34	4,25	5,22	3,72

Tablo 3.58-3.69 incelendiğinde 34 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu çözüme ulaşamamış, yani parametreleri tahmin edilememiştir. Bunun yanında 28 örnek alanda Gamma-3p, 38 örnek alanda Johnson SB ve 26 örnek alanda Weibull-3p fonksiyonuna ilişkin X^2 istatistiği hesaplanamamıştır.

3 farklı ekorejyondan alınan 292 örnek alan için parametre tahmini yapılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarı sıralamaları değerlendirildiğinde, Gamma-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 40 kez, *AD* istatistiğine göre 35 kez, X^2 istatistiğine

göre 56 kez ve hata indeksine göre 32 kez ilk sırayı almıştır. Gamma-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 37 kez, *AD* istatistiğine göre 64 kez, X^2 istatistiğine göre 44 kez ve hata indeksine göre 18 kez ilk sırayı almıştır. Johnson SB fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 142 kez, *AD* istatistiğine göre 124 kez, X^2 istatistiğine göre 54 kez ve hata indeksine göre 206 kez ilk sırayı almıştır. Normal dağılım fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 20 kez, *AD* istatistiğine göre 25 kez, X^2 istatistiğine göre 49 kez ve hata indeksine göre 18 kez ilk sırayı almıştır. Weibull-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 21 kez, *AD* istatistiğine göre 18 kez, X^2 istatistiğine göre 43 kez ve hata indeksine göre 5 kez ilk sırayı almıştır. Weibull-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 32 kez, *AD* istatistiğine göre 26 kez, X^2 istatistiğine göre 46 kez ve hata indeksine göre 19 kez ilk sırayı almıştır. Bununla birlikte Ekorejyon 2'de 5 örnek alanda ve Ekorejyon 3'te 1 örnek alanda bazı fonksiyonlar ilk sırayı birlikte paylaşmışlardır.

Olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir ölçüte ilişkin başarı sıralamalarının ortalamaları ($\bar{R}_i$) bakımından değerlendirildiğinde *KS* bakımından en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,68), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,92), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,33), Normal ($\bar{R}_i$=3,46), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,49) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=4,35) olarak sıralanmıştır. *AD* bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,95), Normal ($\bar{R}_i$=2,27), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,45), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=2,64), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=2,72) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,93) olarak sıralanmıştır. X^2 bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=3,00), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,08), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,11), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,12), Normal ($\bar{R}_i$=3,27) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,44) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca son olarak hata indeksi bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,43), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,43), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,82), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,80), Normal ($\bar{R}_i$=4,17) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=5,15) olarak yer almışlardır (Şekil 3.27). Ortalama rölatif sıra değerlerinin hesaplanmasında parametre tahmini yapılamayan yani çözüm sağlanamamış ya da çözüm sağlanmış fakat istatistiksel başarı ölçütleri hesaplanamamış olan fonksiyonlara bir sıralama değeri verilmemiş olup hesaplamaya dahil edilmemişlerdir.



Şekil 3.27 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri

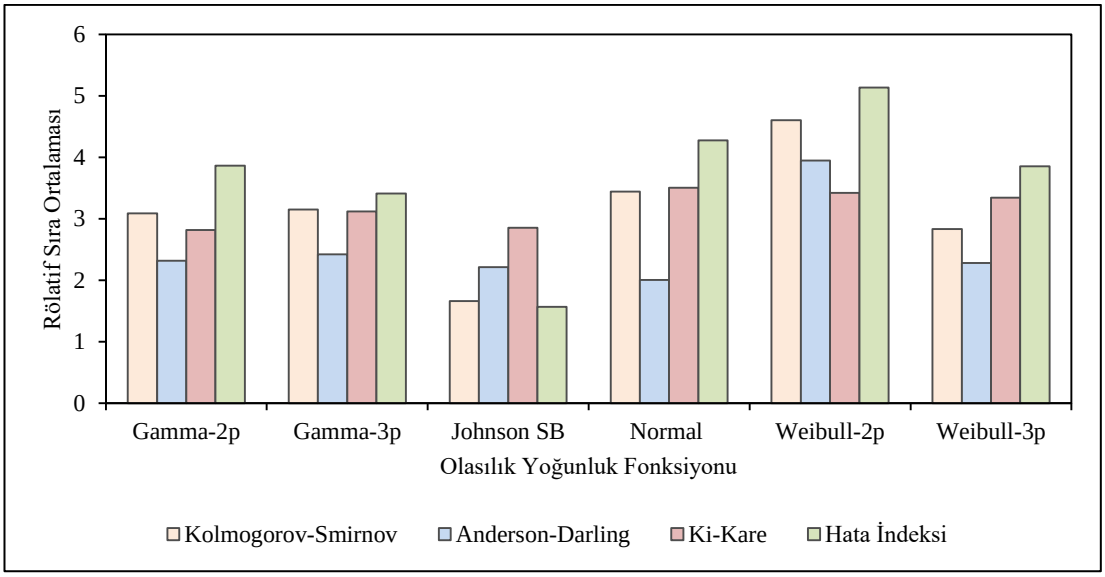
Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerinden alınan 292 örnek alandan elde edilen verilere dayanarak yapılan analizler sonucunda, *KS* istatistiği bakımından Johnson SB (142 kez), *AD* istatistiği bakımından Johnson SB (124 kez), X^2 istatistiği bakımından Gamma-2p (56 kez) ve hata indeksi bakımından ise Johnson SB (206 kez) fonksiyonları örnek alanlarda en fazla başarılı fonksiyonlar olarak ortaya çıkmışlardır. Johnson SB dağılımı 34 örnek alan için çözüme ulaşmamış olmakla birlikte çalışma alanı genelinde X^2 istatistiği dışında *KS*, *AD* ve hata indeksi bakımından Johnson SB fonksiyonu öne çıkmış olup en başarılı ve uygun fonksiyon olduğu görülmektedir.

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin sıralamalar ekorejyon bazında incelendiğinde, Ekorejyon 1'de 8 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleri tahmin edilememiştir. Bununla birlikte Ekorejyon 1'de 9 örnek alanda Gamma-3p, 10 örnek alanda Johnson SB ve 8 örnek alanda Weibull-3p fonksiyonuna ilişkin X^2 istatistiği hesaplanamamıştır.

Ekorejyon 1'de yer alan 68 örnek alanda yapılan analizlerde Gamma-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 11 kez, *AD* istatistiğine göre 11 kez, X^2 istatistiğine göre 12 kez ve hata indeksine göre 9 kez ilk sırada yer almıştır. Gamma-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 14 kez, *AD* istatistiğine göre 22 kez, X^2 istatistiğine göre 11 kez ve hata indeksine göre 6 kez ilk sırada yer almıştır. Bunun yanında Johnson SB

fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 29 kez, *AD* istatistiğine göre 21 kez, X^2 istatistiğine göre 19 kez ve hata indeksine göre 43 kez ilk sırada yer almıştır. Normal dağılım fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 6 kez, *AD* istatistiğine göre 7 kez, X^2 istatistiğine göre 9 kez ve hata indeksine göre 4 kez ilk sırada yer almıştır. Weibull-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 3 kez, *AD* istatistiğine göre 3 kez, X^2 istatistiğine göre 9 kez ve hata indeksine göre 1 kez ilk sırada yer almıştır. Son olarak Weibull-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 5 kez, *AD* istatistiğine göre 4 kez, X^2 istatistiğine göre 8 kez ve hata indeksine göre 5 kez ilk sırada yer almıştır.

Ekorejyon 1'e ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir ölçüte ilişkin başarı sıralamalarının ortalamaları ($\bar{R}_i$) bakımından değerlendirildiğinde *KS* bakımından en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,66), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,83), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,09), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,15), Normal ($\bar{R}_i$=3,44) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=4,60) olarak sıralanmıştır. *AD* bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Normal ($\bar{R}_i$=2,01), Johnson SB ($\bar{R}_i$=2,21), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,28), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=2,32), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=2,42) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,95) olarak sıralanmıştır. X^2 bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Gamma-2p ($\bar{R}_i$=2,82), Johnson SB ($\bar{R}_i$=2,85), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,12), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,35), Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,42) ve Normal ($\bar{R}_i$=3,50) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca son olarak hata indeksi bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,57), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,41), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,85), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,86), Normal ($\bar{R}_i$=4,28) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=5,13) olarak yer almışlardır (Şekil 3.28).

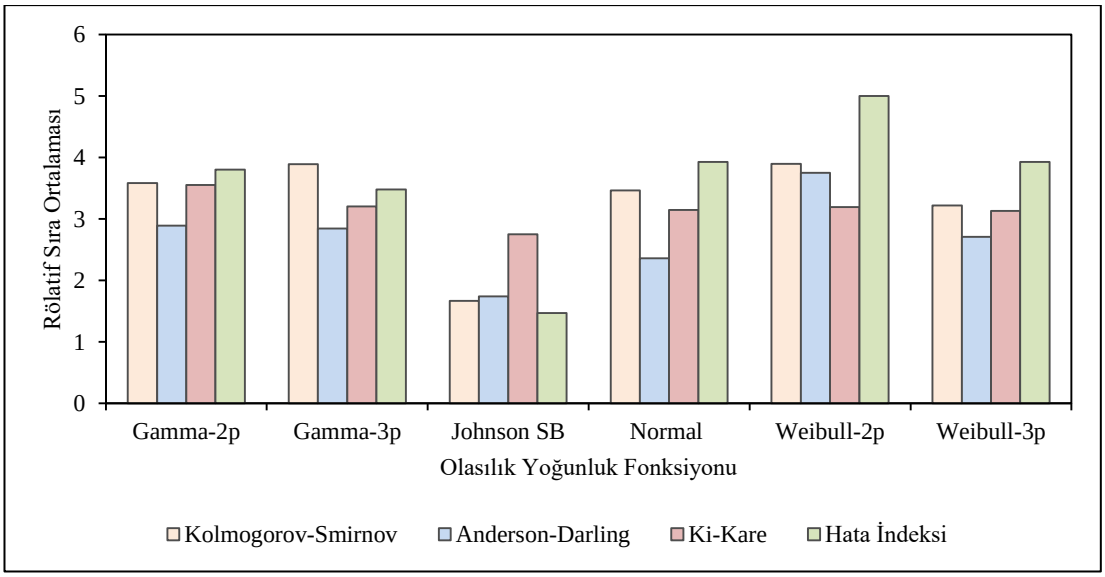


Şekil 3.28 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 1)

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin sıralamalar Ekorejyon 2 için incelendiğinde 3 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleri tahmin edilememiştir. Ayrıca 7 örnek alanda Gamma-3p, 9 örnek alanda Johnson SB ve 8 örnek alanda Weibull-3p fonksiyonuna ilişkin X^2 istatistiği hesaplanamamıştır.

Ekorejyon 2'de yer alan 73 örnek alanda yapılan analizler sonucunda Gamma-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 7 kez, *AD* istatistiğine göre 7 kez, X^2 istatistiğine göre 11 kez ve hata indeksine göre 7 kez ilk sırada yer almıştır. Gamma-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 4 kez, *AD* istatistiğine göre 11 kez, X^2 istatistiğine göre 11 kez ve hata indeksine göre 3 kez ilk sırada yer almıştır. Bunun yanında Johnson SB fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 41 kez, *AD* istatistiğine göre 40 kez, X^2 istatistiğine göre 16 kez ve hata indeksine göre 56 kez ilk sırada yer almıştır. Normal dağılım fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 5 kez, *AD* istatistiğine göre 6 kez, X^2 istatistiğine göre 13 kez ve hata indeksine göre 8 kez ilk sırada yer almıştır. Weibull-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 8 kez, *AD* istatistiğine göre 3 kez, X^2 istatistiğine göre 10 kez ve hata indeksine göre 2 kez ilk sırada yer almıştır. Son olarak Weibull-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 8 kez, *AD* istatistiğine göre 6 kez, X^2 istatistiğine göre 12 kez ve hata indeksine göre 2 kez ilk sırada yer almıştır. Bununla birlikte hata indeksine ilişkin rölatif sıralamada 5 örnek alanda bazı fonksiyonlar ilk sırayı birlikte paylaşmışlardır.

Ekorejyon 2'ye ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir ölçüte ilişkin başarı sıralamalarının ortalamaları ($\bar{R}_i$) bakımından değerlendirildiğinde *KS* bakımından en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,67), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,22), Normal ($\bar{R}_i$=3,46) Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,58), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,89) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,90) olarak sıralanmıştır. *AD* bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,74), Normal ($\bar{R}_i$=2,36), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,71), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=2,84), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=2,89) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,75) olarak sıralanmıştır. X^2 bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=2,75), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,13), Normal ($\bar{R}_i$=3,14) Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,19) Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,20) ve Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,55) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca son olarak hata indeksi bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,47), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,48), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,80), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,92), Normal ($\bar{R}_i$=3,93) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=5,00) olarak yer almışlardır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 2)

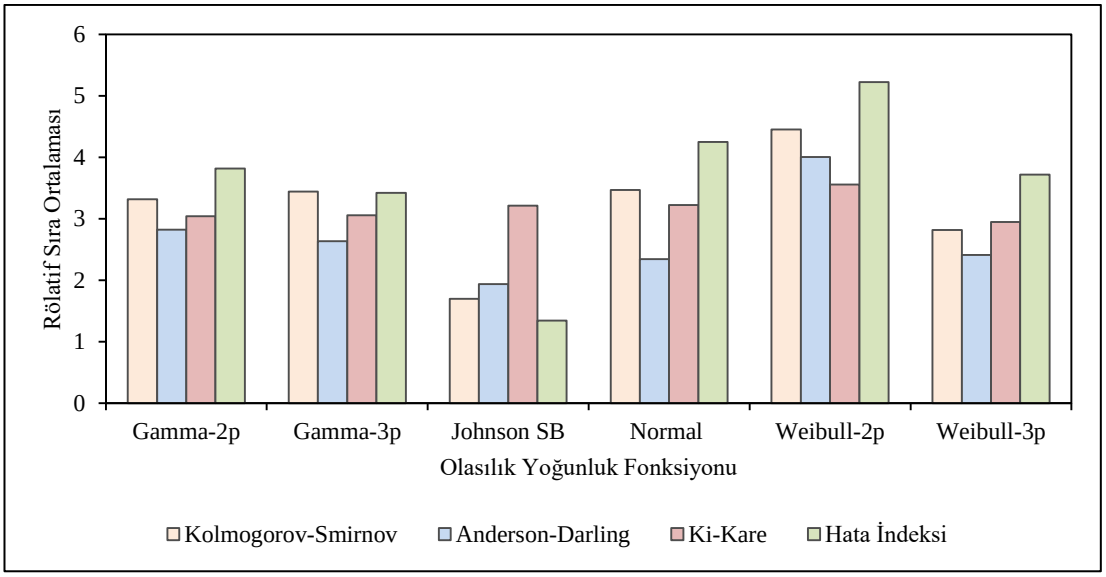
Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin sıralamalar Ekorejyon 3 için incelendiğinde, 23 adet örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu çözüme ulaşamamış yani parametreleri tahmin edilememiştir. Bunun yanında

Ekorejyon 3'te 12 örnek alanda Gamma-3p, 19 örnek alanda Johnson SB ve 10 örnek alanda Weibull-3p fonksiyonuna ilişkin X^2 istatistiği hesaplanamamıştır.

Ekorejyon 3'te yer alan 151 örnek alana ilişkin olarak yapılan analizler sonucunda Gamma-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 22 kez, *AD* istatistiğine göre 17 kez, X^2 istatistiğine göre 33 kez ve hata indeksine göre 16 kez ilk sırada yer almıştır. Gamma-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 19 kez, *AD* istatistiğine göre 31 kez, X^2 istatistiğine göre 22 kez ve hata indeksine göre 9 kez ilk sırada yer almıştır. Johnson SB fonksiyonu değerlendirildiğinde *KS* istatistiğine göre 72 kez, *AD* istatistiğine göre 63 kez, X^2 istatistiğine göre 19 kez ve hata indeksine göre 107 kez ilk sırada yer almıştır. Normal dağılım fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 9 kez, *AD* istatistiğine göre 12 kez, X^2 istatistiğine göre 27 kez ve hata indeksine göre 6 kez ilk sırada yer almıştır. Weibull-2p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 10 kez, *AD* istatistiğine göre 12 kez, X^2 istatistiğine göre 24 kez ve hata indeksine göre 2 kez ilk sırada yer almıştır. Son olarak Weibull-3p fonksiyonu *KS* istatistiğine göre 19 kez, *AD* istatistiğine göre 16 kez, X^2 istatistiğine göre 26 kez ve hata indeksine göre 12 kez ilk sırada yer almıştır. Bununla birlikte hata indeksine ilişkin rölatif sıralamada 127. örnek alanda Johnson SB ve Normal dağılım fonksiyonlar ilk sırayı birlikte paylaşmışlardır.

Ekorejyon 3'e ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir ölçüte ilişkin başarı sıralamalarının ortalamaları ($\bar{R}_i$) bakımından değerlendirildiğinde *KS* bakımından en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,70), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,81), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,31), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,44), Normal ($\bar{R}_i$=3,47) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=4,45) olarak sıralanmıştır. *AD* bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson SB ($\bar{R}_i$=1,94), Normal ($\bar{R}_i$=2,35), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,41), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=2,63), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=2,82) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=4,00) olarak sıralanmıştır. X^2 bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Weibull-3p ($\bar{R}_i$=2,95), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,04), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,06), Johnson SB ($\bar{R}_i$=3,21), Normal ($\bar{R}_i$=3,22) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=3,56) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca hata indeksi bakımından başarı ortalamaları değerlendirildiğinde en başarılı fonksiyondan en başarısız fonksiyona doğru Johnson

SB ($\bar{R}_i$=1,34), Gamma-3p ($\bar{R}_i$=3,42), Weibull-3p ($\bar{R}_i$=3,72), Gamma-2p ($\bar{R}_i$=3,82), Normal ($\bar{R}_i$=4,25) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i$=5,22) olarak yer almışlardır (Şekil 3.30).

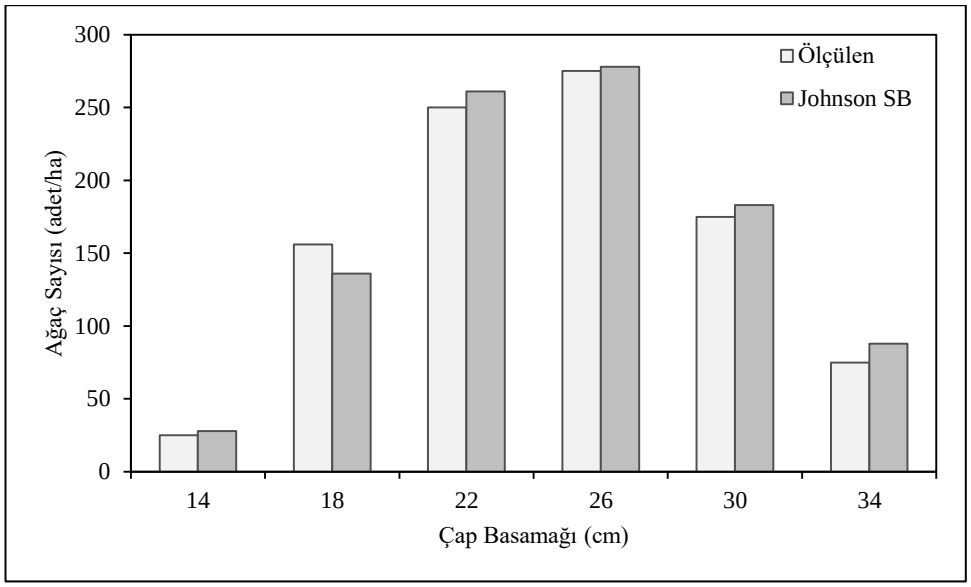


Şekil 3.30 Olasılık yoğunluk fonksiyonları için ortalama rölatif sıra değerleri (Ekorejyon 3)

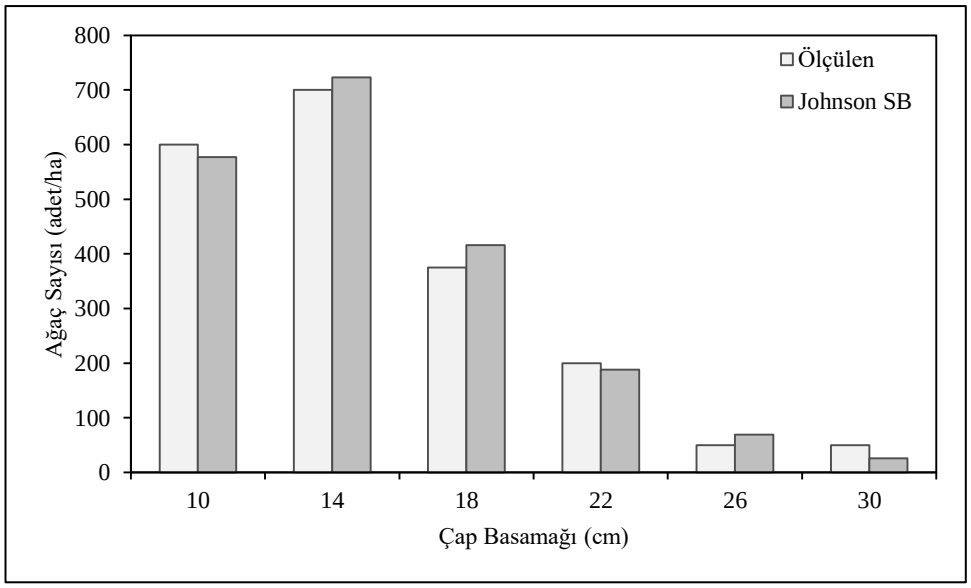
Ekorejyonlar bazında her bir örnek alan için olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin parametre tahmini yapılmış ve rölatif başarı sıralamalarının ortalamaları alınarak da model başarıları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İncelemeler sonucunda Ekorejyon 1'de *KS* ve hata indeksine göre Johnson SB fonksiyonu ilk sırayı alırken, *AD*'ye göre Normal dağılım ve X^2 istatistiğine göre de Gamma-2p ilk sırayı almıştır. Ekorejyon 2 için yapılan incelemeler neticesinde tüm test istatistikleri bakımından Johnson SB fonksiyonunun en başarılı sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Ekorejyon 3'e ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde ise *KS*, *AD* ve hata indeksi istatistiklerine göre yine Johnson SB ilk sırayı alırken X^2 istatistiğine göre Weibull-3p fonksiyonu ilk sırayı almıştır. Tüm değerlendirmeler sonucunda her üç ekorejyon için de en başarılı sonuca ulaşan fonksiyon Johnson SB fonksiyonu olarak ortaya çıkmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak seçilen Johnson SB fonksiyonu kullanılarak her üç ekorejyonu temsil eden birer adet örnek alan seçilmiş ve çap basamaklarında yer alan ağaç sayılarına ilişkin tahminler yapılmıştır. Ardından çap basamaklarında yer alan gözlenen ve tahmin edilen ağaç sayısı değerleri grafik eksene taşınarak Johnson SB fonksiyonuna ilişkin sonuçlar görsel olarak incelenmiştir (Şekil 3.31, 3.32, 3.33). Şekiller incelendiğinde çap

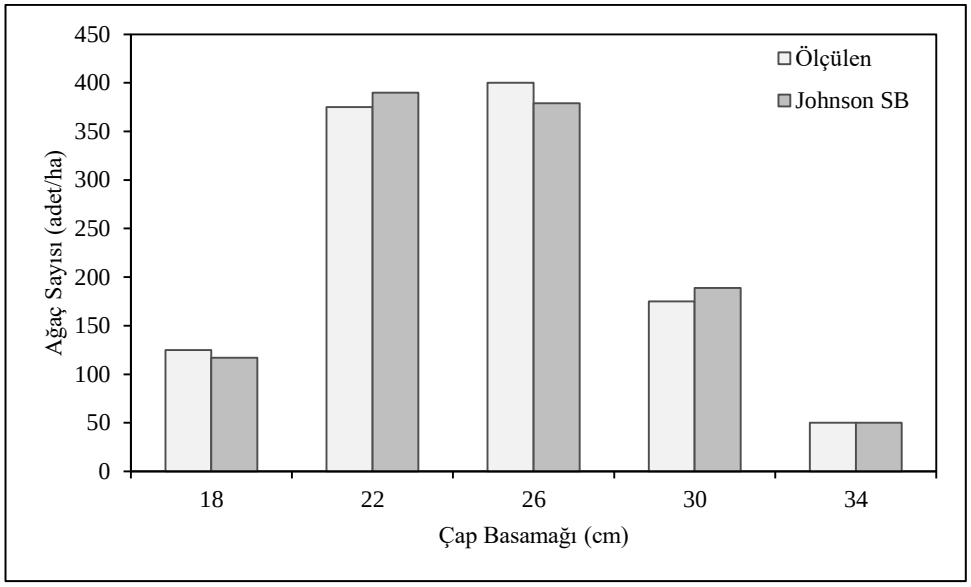
basamaklarında tahmin edilen ve gözlenen değerlerin birbirlerine yakın olduğu ve fonksiyonun uygunluğu ortaya konulmuştur. Johnson (1949) tarafından geliştirilen ilgili dağılım fonksiyonu biyolojik değişkenlere ilişkin tahminlerde diğer fonksiyonlara kıyasla öne çıkmaktadır. Çünkü Johnson SB fonksiyonu daha geniş dağılım yapılarını ortaya koyabilen oldukça esnek bir yapı ihtiva etmektedir (Alkan, 2019).



Şekil 3.31 Ekorejyon 1'de yer alan 66. örnek alan için Johnson SB dağılımı



Şekil 3.32 Ekorejyon 2'de yer alan 34. örnek alan için Johnson SB dağılımı



Şekil 3.33 Ekorejyon 3'te yer alan 123. örnek alan için Johnson SB dağılımı

Ülkemizde yer alan çeşitli ağaç türleri için çap dağılımlarının modellenmesi üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Doğu kayını (Carus, 1996), kızılçam (Güneş, 2015), karaçam (Sakıcı vd., 2016) meşcereleri için Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu; Dişbudak (Yavuz vd., 2002) ve sarıçam (Ercanlı ve Yavuz, 2010) türlerine ilişkin yapılan çalışmalarda Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu; kızılçam (Carus ve Çatal, 2008) ve karaçam (Carus ve Çatal, 2011) meşcerelerine ilişkin yapılan çalışmalarda Log-normal dağılımı; Doğu Karadeniz göknarı (Sakıcı ve Gülsunar, 2012) için yapılan çalışmalarda Üstel ve Weibull, Doğu ladini (Sönmez vd., 2015) için yapılan çalışmada da farklı yaş ve bonitet sınıfları için Weibull, Johnson SB ve Beta dağılımları en başarılı fonksiyonlar olarak bulunmuştur. Bununla birlikte; Doğu ladini (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Sönmez vd., 2010), Doğu kayını ve sarıçam (Kahriman ve Yavuz, 2011), kızılçam (Doğdaş, 2014; Özçelik vd., 2016b), Toros göknarı (Alkan, 2019), sarıçam (Dal, 2019) ve karaçam (Seki, 2020) meşcerelerine ilişkin çap dağılımlarının modellenmesi üzerine yapılan çalışmalarda bu tez kapsamında ortaya çıkan sonuca paralel olarak Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu başarılı bulunmuştur. Bunun yanında, ülkemiz dışında uluslararası literatürde Gadow (1983), Tham (1988), Kudus vd. (1999), Kiviste vd. (2003), Parresol (2003), Zhang vd. (2003), Siipilehto ve Siitonen (2004), Fonseca vd. (2009), Mateus ve Tomé (2011), Gorgoso-Varela ve Rojo-Alboreca (2014), Ogana vd.

(2017) ve Pogoda vd. (2020) tarafından ortaya konulan çalışmalarda da Johnson SB fonksiyonunun çap dağılım modellerinin geliştirilmesindeki başarısı yer almıştır.

3.3 Tek Ağaç Modellerine İlişkin Bulgular ve Tartışma

Modelleme ünitesi olarak tek ağaçları baz alan tek ağaç modellerinin geliştirilebilmesi amacıyla sarıçam meşcerelerinden alınan örnek alanlarda seçilen ağaçlara ilişkin (n=2318) göğüs çapı ile 5 ve 10 önceki göğüs çapı değerleri, ağaç boyu, son 5 ve 10 yıllık çap artım değerleri ve 5 adet yarışma endeksi değerleri hesaplanmış ve bu değerlere ilişkin bazı istatistikler Tablo 3.70'te verilmiştir.

Tablo 3.70 Tek ağaçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
5 Yıllık Çap Artımı (mm)	2,0	30,0	8,5	4,0
10 Yıllık Çap Artımı (mm)	3,0	54,0	16,6	7,9
$d_{1,30}$(cm)	8,0	80,5	28,2	11,2
d_{5klu} (cm)	4,8	79,4	26,0	11,5
d_{10klu} (cm)	3,4	78,5	24,3	11,9
Ağaç Boyu (m)	5,7	30,8	16,9	5,5
Ağaç Yaşı (yıl)	19	160	60	30
YE1	0,5	2,1	1,1	0,2
YE2	0,3	1,0	0,7	0,1
YE3	0,2	4,2	1,2	0,5
YE4	0,1	1,0	0,6	0,2
YE5 (BAL, m^2)	0,0	87,9	19,2	13,9

Çalışma kapsamında 292 örnek alandan alınan 2318 örnek ağaç verisine dayanarak uzaklıktan bağımsız tek ağaç modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tek ağaç çap artım modellerinin geliştirilmesinde, 5 yıllık ortalama çap artımlarının daha başarılı sonuçlara ulaşması nedeniyle bağımsız değişken olarak seçilmesi uygun bulunmuştur. Bu sebeple 5 yıllık ortalama çap artım değerleri bağımız değişken olarak modellerde yer almış ve tek ağaç özellikleri, meşcere özellikleri (meşcere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi, orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi) ve yarışma endeksleri (5 farklı ölçüte bağlı olarak hesaplanan uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri) ile bu değişkenlerin çeşitli kombinasyonları bağımsız değişken olarak Aşamalı Regresyon Analizi'ne tabi tutulmuştur. Tüm parametreleri istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) ve en yüksek belirtme katsayısı ile en düşük hata değerine

sahip olan model en başarılı model olarak seçilmiştir. En başarılı uzaklıktan bağımsız çap artım modeli Eşitlik 3.22'de verilmiştir:

$$Id_5 = \mathrm{a} + \mathrm{b}\ \ln T + \frac{\mathrm{c}}{SD}\mathrm{d}\ \ln d_q + \frac{\mathrm{e}}{BE} + \mathrm{f}\ \ln d_{1,30} + \mathrm{g}\ BAL + \mathrm{h}\ YE1 \qquad (3.22)$$

(R^2= 0,629, *HKOK*=0,914, *OMH*=0,71, *AIC*=-140,015)

Bu eşitlikte;

Id_5: örnek ağaca ilişkin son 5 yıllık ortalama çap artımını (mm)

$d_{1,30}$: örnek ağaca ilişkin göğüs çapı (cm)

d_q : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm)

T : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin yaşını (yıl)

SD : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin sıklık derecesini

BE : örnek ağacın ait olduğu meşcerenin bonitet endeksini (m)

BAL : örnek ağaca ilişkin 5. yaklaşıma göre hesaplanan yarışma endeksini

$YE1$: örnek ağaca ilişkin 1. yaklaşıma göre hesaplanan yarışma endeksini

a, b, c, d, e, f, g ve h: model parametrelerini ifade etmektedir.

En başarılı tek ağaç çap artım modeli seçildikten sonra ekolojik farklılıkları ortaya koyabilmek ve bu ekorejyonlara ilişkin parametre tahminlerini yapmak üzere en başarılı olarak seçilen modele karışık etkili modelleme yaklaşımı uygulanmıştır. Bu bağlamda a, b, c, d, e, f, g ve h parametrelerine ilişkin bütün kombinasyonlar denenmiş ve çözüme ulaşan ve tüm parametreleri anlamlı olan kombinasyonlar rölatif sıralamaya tabi tutulmuştur. En başarılı TEP kombinasyonları Tablo 3.71'de verilmiştir.

Tablo 3.71 Tek ağaç çap artım modeline ilişkin TEP kombinasyonları

TEP	AIC	BIC	Rölatif Sıralama		Toplam	Genel Sıralama
			AIC	BIC		
a	4563,73	4618,32	7,15	2,34	9,49	4,75
b	4564,13	4618,72	8,12	2,55	10,67	5,34
c	4561,18	4615,77	1,00	1,00	2,00	1,00
d	4563,55	4618,55	6,72	2,46	9,18	4,59
e	4564,18	4618,77	8,23	2,57	10,81	5,40
f	4563,56	4618,15	6,75	2,25	9,00	4,50
g	4565,33	4619,92	11,02	3,18	14,20	7,10
h	4562,72	4617,31	4,72	1,81	6,53	3,26
a, b	4564,40	4629,92	8,78	8,43	17,22	8,61
a, d	4564,17	4629,68	8,21	8,31	16,51	8,26
a, e	4567,66	4633,17	16,65	10,14	26,79	13,39
a, f	4561,78	4627,30	2,46	7,05	9,51	4,76
b, e	4568,12	4633,64	17,76	10,39	28,15	14,08
b, f	4562,22	4627,73	3,50	7,28	10,78	5,39
c, h	4565,18	4630,69	10,66	8,84	19,50	9,75
d, e	4567,95	4633,47	17,35	10,30	27,65	13,83
e, g	4562,90	4628,41	5,16	7,64	12,80	6,40
f, g	4561,31	4626,82	1,31	6,81	8,12	4,06
f, h	4563,41	4628,92	6,39	7,91	14,30	7,15
a, b, h	4568,36	4650,25	18,34	19,12	37,46	18,73
a, d, e	4570,14	4652,03	22,64	20,05	42,69	21,34
a, d, h	4568,19	4650,08	17,93	19,03	36,95	18,48
a, e, f	4567,77	4649,66	16,92	18,81	35,72	17,86
b, c, g	4565,95	4647,84	12,51	17,85	30,35	15,18
b, d, f	4567,73	4649,62	16,81	18,78	35,59	17,79
b, g, h	4567,23	4649,12	15,60	18,52	34,13	17,06
c, d, g	4565,87	4647,76	12,31	17,81	30,12	15,06
e, f, g	4567,21	4649,10	15,55	18,51	34,06	17,03
f, g, h	4563,39	4645,28	6,35	16,51	22,85	11,43
b, c, d, g	4573,51	4677,23	30,76	33,30	64,06	32,03
b, c, e, g	4573,94	4677,67	31,82	33,52	65,34	32,67
b, e, g, h	4574,85	4678,57	34,00	34,00	68,00	34,00
c, d, e, g	4573,83	4677,55	31,53	33,46	65,00	32,50
e, f, g, h	4570,51	4674,24	23,54	31,72	55,26	27,63

Tablo 3.71 incelendiğinde en başarılı tesadüfi etkili parametre seçeneğinin "c" parametresi olduğu görülmektedir. Karışık etkili model yapıları Eşitlik 3.23'te ve parametre tahminleri ile başarı ölçütleri Tablo 3.72'de verilmiştir.

$$Id_5c = \mathrm{a} + \mathrm{b}\ln T + \frac{\mathrm{c} + \mathrm{u}_1}{SD}\mathrm{d}\ln d_q + \frac{\mathrm{e}}{BE} + \mathrm{f}\ln d_{1,30} + \mathrm{g}\,BAL + \mathrm{h}\,YE1 \qquad (3.23)$$

Bu eşitlikte u_1: tesadüfi parametre olup diğer değişkenler yukarıda açıklanmıştır.

Tablo 3.72 Karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin parametre değerleri ve başarı ölçütleri

Parametre	Tahmin	R^2	AIC	BIC
a	-17,2568	0,691	4561,180	4615,773
b	-1,0634			
c	1,4993			
d	18,4162			
e	-14,1553			
f	-16,1266			
g	-0,0094			
h	16,3934			
$\sigma_{u_1}^2$	0,4904			
σ^2	0,8937			

Çalışma alanı sarıçam meşcereleri için tek ağaç çap artımları bakımından ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip "c" parametresi "random.effects" fonksiyonu yardımıyla 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arası farklılıkların test edilmesi amacıyla kullanılacak tam model yapısı elde edilmiştir. Diğer parametreler 3 ekorejyon için de aynı değerleri almaktadır. Tek ağaç modeline ilişkin her bir ekorejyona özgü parametre tahminleri Tablo 3.73'te verilmiştir.

Tablo 3.73 Ekorejyonlara ilişkin tek ağaç model parametreleri

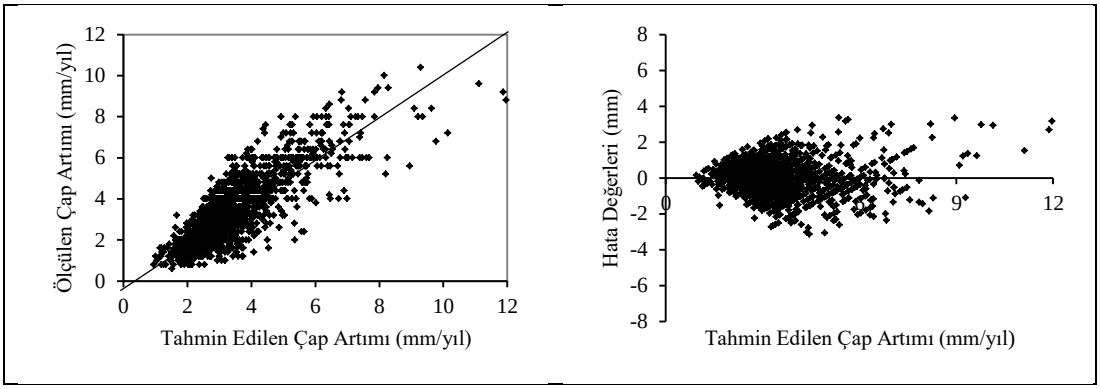
Parametre	Tahmin	Ekorejyon 1	Ekorejyon 2	Ekorejyon 3
a	-17,2568	-17,2568	-17,2568	-17,2568
b	-1,0634	-1,0634	-1,0634	-1,0634
c	1,4993	1,8973	0,8936	1,7071
d	18,4162	18,4162	18,4162	18,4162
e	-14,1553	-14,1553	-14,1553	-14,1553
f	-16,1266	-16,1266	-16,1266	-16,1266
g	-0,0094	-0,0094	-0,0094	-0,0094
h	16,3934	16,3934	16,3934	16,3934

Karışık etkili tek ağaç çap artım modeli geliştirilip üç ekorejyona ait "c" parametreleri tahmin edildikten sonra, ekorejyon farklılıklarının test edilmesi amacıyla hesaplanan F değerleri Tablo 3.74'te verilmiştir. Çap artım modellerine ilişkin F-istatistikleri incelendiğinde ise tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılığın olduğu ($p<0,001$) belirlenmiş olup, her bir ekorejyon için farklı parametre tahmini sunan ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılması uygun olmaktadır.

Tablo 3.74 Tek ağaç modeli için F-testi sonuçları

Model	Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F değeri	p
		HKT	DF	HKT	DF			
Id_5c	1-2-3	1450	1728	1385	1726	1736	40,971	<0,001
	1-2	634	817	621	816	825	16,324	<0,001
	1-3	1129	1317	1081	1316	1325	58,883	<0,001
	2-3	1138	1314	1067	1313	1322	86,957	<0,001

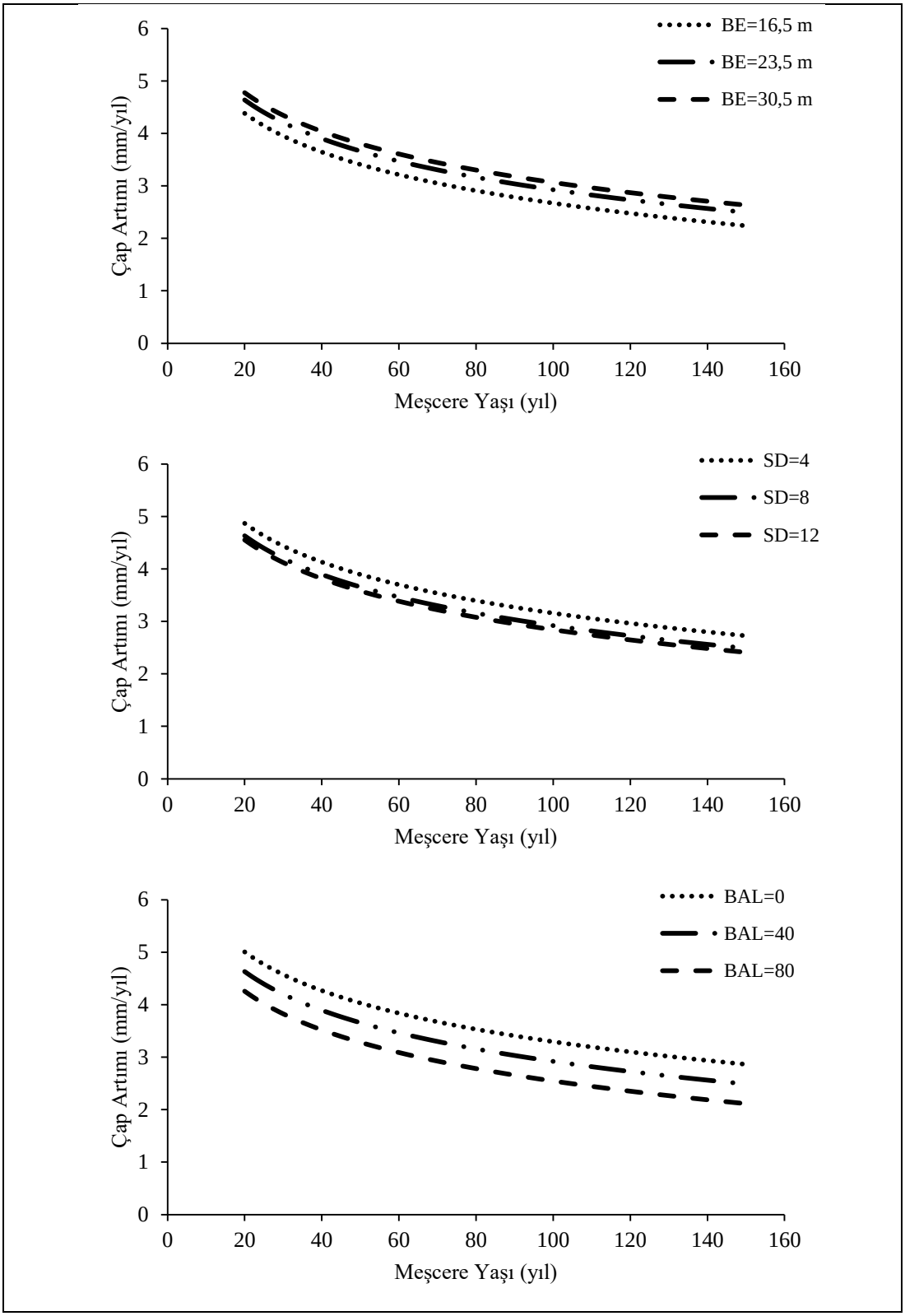
Geliştirilen karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata değerleri Şekil 3.34'te incelenmiştir. Tahmin edilen değerler ve ölçülen değerler ile tahmin grafikleri oluşturulurken, tahmin edilen çap artımına ilişkin değerler ve hata değerleri ile de hata grafikleri çizilmiştir. Şekil 3.34 incelendiğinde, ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı görülmektedir. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmekle birlikte bu modeller ile yapılan tahminlerin ölçülen değerler ile yakın değerler aldığı görülmektedir.



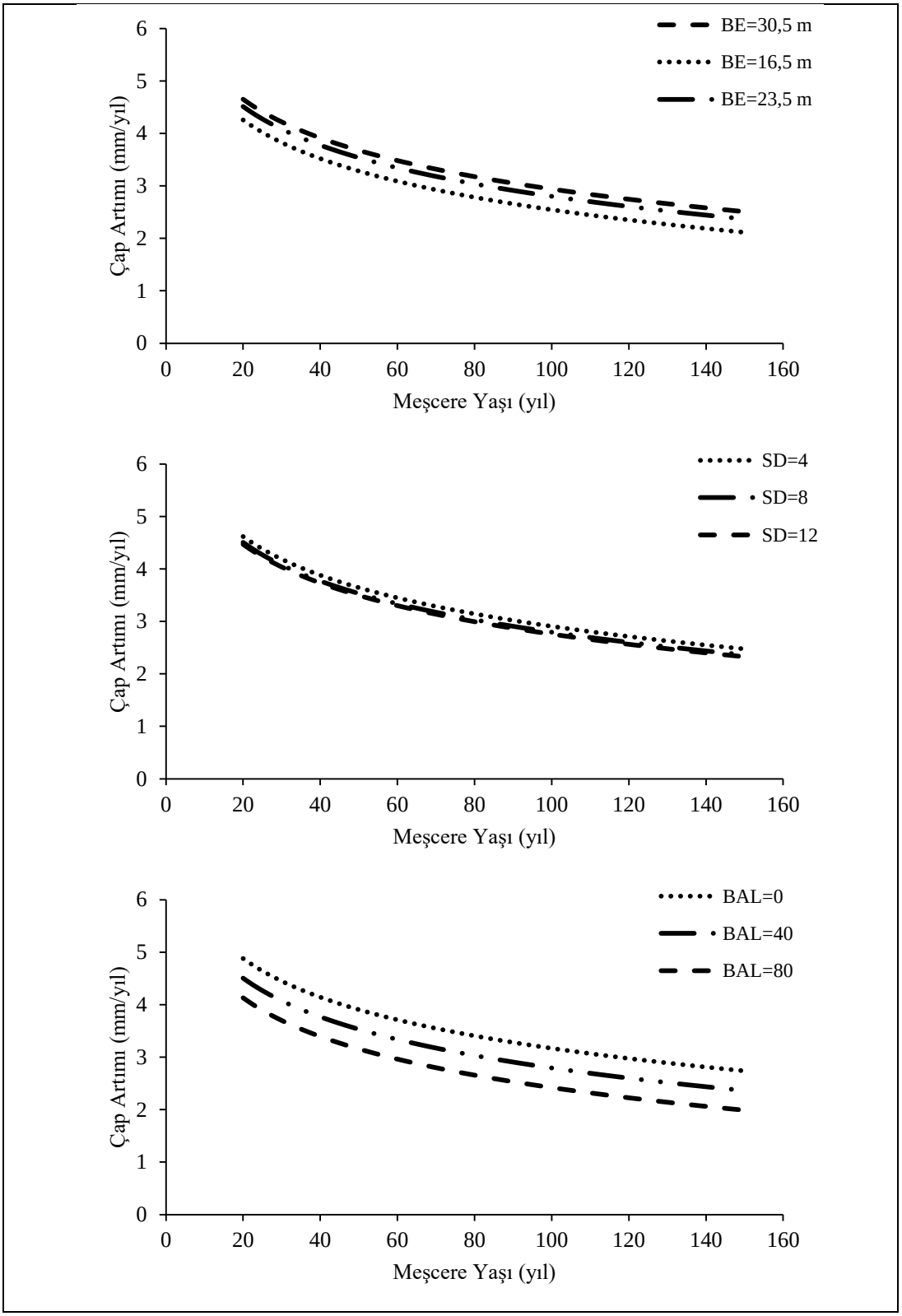
Şekil 3.34 Tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata grafikleri

Geliştirilen tek ağaç modeline ilişkin tahminler temel kanuniyetler açısından değerlendirilmek üzere grafiksel incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla tek ağaç çap artım tahminlerinin bazı meşcere özellikleri ve yarışma endeksine bağlı olarak değişimleri her bir ekorejyon için ayrı ayrı görselleştirilmiştir (Şekil 3.35, 3.36 ve 3.37). Karışık etkili tek ağaç çap artım modeli ile yapılan tahminlerde sıklığın etkisini incelemek üzere bonitet endeksi değeri BE=23,5 m, göğüs çapı 30 cm ve BAL yarışma endeksi 40 m^2 olmak üzere tahminler yapılmıştır. Yetişme ortamı verim gücünün etkisini incelemek üzere ise sıklık derecesi değeri SD=8, göğüs çapı

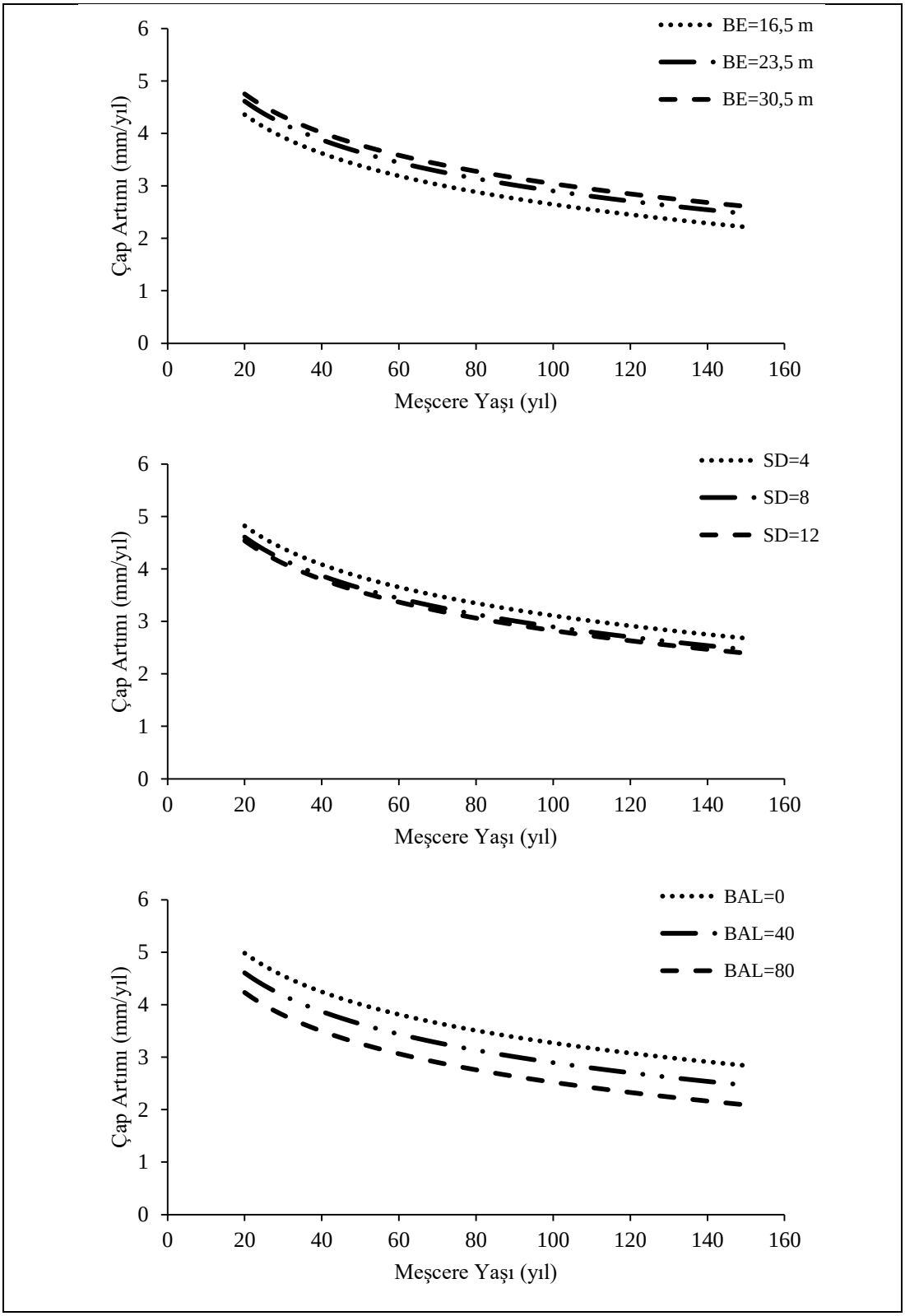
30 cm ve BAL yarışma endeksi 40 m^2 olmak üzere ve BAL yarışma endeksinin etkisini incelemek üzere de bonitet endeksi değeri BE=23,5 m, sıklık derecesi SD=8 ve göğüs çapı 30 cm olmak üzere tahminler yapılmıştır.



Şekil 3.35 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 1)



Şekil 3.36 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 2)



Şekil 3.37 Tek ağaçlarda çap artımının BE, SD ve BAL'a göre değişimi (Ekorejyon 3)

Şekillerde (Şekil 3.35-3.37) verilen grafikler incelendiğinde çap artımının yaşa bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Benzer değişim sıklık derecesinin artışıyla da gözlenmekte olup sık meşcerelerde çap artımının az olduğu ve seyrek meşcerelerde ise çap artımının daha fazla olduğu görülmektedir. Bu değişim Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'te belirgin olarak gözlenmekte iken Ekorejyon 2'de sıklık derecelerine göre çap artımlarının değişimi daha az belirgindir. Çap artımları yetişme ortamı verim gücünün artmasıyla birlikte artış göstermektedir. I. bonitetlerde çap artımı fazla iken III. bonitetlerde artım miktarı az olmaktadır. Her 3 ekorejyonda da aynı değişim ve eğilim gözlenmektedir. BAL'a göre çap artım değişimleri incelendiğinde, yarışma endeksinin artmasıyla çap artımlarının azaldığı, yarışma endeksinin azalmasıyla ise çap artım değerlerin daha fazla olduğu gözlenmektedir. Her bir ekorejyonda da aynı değişim gözlenmektedir.

Grafiksel incelemeler sonucunda tek ağaç modeli ve modelde bağımsız değişken olarak yer alan değişkenler arasında temel kanuniyetler bakımından gerçekçi sonuçlar mevcuttur. Bu ilişkilerin düzeyi ekorejyonlar arasında farklılık gösterebilmektedir. Bonitet endeksi ve yarışma endeksine göre ekorejyonlar arasındaki çap artımının değişimi (grafiklerdeki eğrilerin trendi) nispeten daha az olmakla birlikte sıklık derecelerine göre bu değişimin daha fazla olduğu görülmektedir. Şöyle ki, yukarıda da bahsedildiği üzere Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'e ilişkin sıklık derecelerinin çap artımını etkileme oranı birbirine yakın ve aynı trendi gösteriyor iken Ekorejyon 2'de sıklık derecelerinin çap artımını daha az etkilediği görülmektedir. Ekorejyonların iklim, topografya ve çeşitli ekolojik faktörler bakımından farklı yapıdaki meşcereler ihtiva etmesi, bu meşcerelerde yer alan ağaçların ortamı kullanma derecelerinin farklılık göstermesi ve bunun sonucunda meşcerelerdeki ağaçların çap artımlarının farklılık göstermesine neden olabilmektedir. Söz konusu farklılıklar tek bir bağımlı değişkenden, birden fazla bağımlı değişkenden ya da ölçülemeyen ve modellere dahil edilemeyen çeşitli değişkenlerin etkisi altında gerçekleşebilmektedir.

Grafiksel ve istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ekolojik farklılıkları modele dahil eden karışık etkili tek ağaç modelinin başarılı olduğu ortaya konulmuştur. Başarılı tahminler sunan modele ilişkin model kontrolünü sağlamak üzere bağımsız

veri grubunda çap artım tahminleri yapılmıştır. Modele ilişkin tahmin değerleri ile arazide ölçülen çap artım değerleri arasında anlamlı farklılık olup olmadığı Student'in Eşleştirilmiş t-testi kullanılarak test edilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda p>0,05 önem düzeyinde farksız oldukları sonucu elde edilmiştir. Başarıya ulaşan ekolojik tabanlı ve karışık etkili tek ağaç modeline ilişkin model yapıları Eşitlik 3.24, Eşitlik 3.25 ve Eşitlik 3.26'da verilmiştir.

Ekorejyon 1 için;

$$Id_5c = -17{,}2568 - 1{,}0634\ \ln T + \frac{1{,}897309}{SD} + 18{,}4162\ \ln d_q + \frac{-14{,}1553}{BE} - 16{,}1266\ \ln d_{1{,}30} - 0{,}0094\ BAL + 16{,}3934 YE1 \quad (3.24)$$

Ekorejyon 2 için;

$$Id_5c = -17{,}2568 - 1{,}0634 \ln T + \frac{0{,}8936}{SD} + 18{,}4162\ \ln d_q + \frac{-14{,}1553}{BE} - 16{,}1266\ \ln d_{1{,}30} - 0{,}0094\ BAL + 16{,}3934\ YE1 \quad (3.25)$$

Ekorejyon 3 için;

$$Id_5c = -17{,}2568 - 1{,}0634\ \ln T + \frac{1{,}7071}{SD} + 18{,}4162\ \ln d_q + \frac{-14{,}1553}{BE} - 16{,}1266\ \ln d_{1{,}30} - 0{,}0094\ BAL + 16{,}3934\ YE1 \quad (3.26)$$

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması kapsamında Kastamonu ve Sinop yöresinde yayılış gösteren aynı yaşlı, saf ve doğal sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modelleri geliştirilmiştir. Söz konusu modeller üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar modelleme ünitesi olarak meşcereleri konu alan ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tablosu şeklinde meşcere modelleri, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının kullanılmasıyla geliştirilen çap dağılım modelleri ve modelleme birimi olarak tek ağaçların kullanıldığı uzaklıktan bağımsız tek ağaç modelleridir. Geliştirilen üç ana modelin yanında bu modellerin geliştirilmesinde de kullanılan ve ormancılık literatüründe oldukça önemli bir yere sahip olan çap-boy modelleri ile dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Ekolojik tabanlı olarak geliştirilen modellere ilişkin tahminler bakımından ekorejyonlar arası farklılıkların olup olmadığının ortaya konulmasında Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı Testi (F-testi) kullanılmıştır. Ekorejyonal farklılıkların ortaya konulmasında F-testi yanında grafiksel incelemeler de yapılmış ve farklılıklar görsel olarak incelenmiştir.

Kastamonu ve Sinop illeri geniş bir alanı kapsamakta ve dolayısıyla çalışmaya konu sarıçam meşcereleri oldukça farklı yetişme ortamı koşullarında gelişim göstermektedir. Bu sebeple modeller ekolojik tabanlı olarak geliştirilmiş olup, bu modellerin geliştirilmesinde Karışık Etkili Modelleme Yaklaşımı kullanılmıştır. Ekorejyonlar arasında model tahminleri bakımından anlamlı farklılıkların olup olmadığı araştırıldığı için ekorejyonlar rasgele etki olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım kullanılarak ekorejyonlar arası farklılıklar araştırılmış ve ekorejyonlara özgü parametre tahminleri yapılmıştır.

Bu tez kapsamında modellerin geliştirilmesi amacıyla çalışmaya konu farklı yaş sınıfları, sıklık dereceleri ve bonitet sınıflarında yer alan sarıçam meşcerelerinden 292 adet örnek alan alınmıştır. Ekolojik faktörler büyüme modelleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmakta ve bu faktörlerin de modellerde yer alması model başarısına ve tahmin yeteneğine önemli katkılar sunmakta, ayrıca tahmin hatalarını da azaltmaktadır. Bu sebeple modellerin geliştirilmesinde kullanılacak veriler farklı yaş, bonitet ve sıklık derecelerinin yanında farklı ekolojik bölgelere ilişkin farklılıkları da

yansıtacak şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda sarıçam meşcerelerinin ekorejyonlardaki ağırlıklı yayılışına bağlı olarak Ekorejyon 1'den 68 adet, Ekorejyon 2'den 73 adet ve Ekorejyon 3'ten de 151 adet örnek alanda ölçümler yapılmıştır.

Göğüs çapı ve ağaç boyu, büyüme modellerinin geliştirilmesi için temel değişkenlerdir. Göğüs yüksekliği çapını ölçmek, ağaç boyunu ölçmekten daha kolaydır ve daha doğru bir şekilde ölçülebilir. Bu sebeple farklı meşcerelere ilişkin çap-boy ilişkilerini ortaya koymak ve boy ölçümü yapılamayan ağaçlara ilişkin boyları tahmin etmek üzere genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla modellerin geliştirilmesinde 2107 adet ağaçtan elde edilen çap-boy verisi kullanılmış ve geliştirilen modeller 724 örnek ağaçtan elde edilen çap-boy verisi kullanılarak test edilmiştir. İlk olarak literatürde sıklıkla yer alan ve çap-boy ilişkilerini başarılı bir şekilde modelleyen 10 adet genelleştirilmiş çap-boy denklemi seçilmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak model parametreleri tahmin edilmiştir. Parametrelerin anlamlılığı ve çeşitli istatistiksel ölçütlere göre yapılan rölatif sıralama neticesinde veri setini en başarılı şekilde modelleyen denklem Richards (1959) tarfından önerilen ve Sharma ve Parton (2007) tarafından modifiye edilen DH10 denklemidir. Bu denklem R^2=0,950; *HKOK*=1,227; *OMH*=0,913 ve *AIC*=6854,870 değerlerine sahiptir. İkinci olarak karışık etkili çap-boy modelinin geliştirilmesi için başarılı bulunan DH10 denklemine karışık etkili modelleme yaklaşımı uygulanmış ve modele ilişkin sabit ve tesadüfi etkili parametre seçenekleri test edilmiştir. En uygun kombinasyon Akaike Bilgi Kriteri (*AIC*) ve Bayesian Bilgi Kriteri (*BIC*) ölçütlerine bağlı olarak seçilmiş ve bu bağlamda "d" parametresinin tesadüfi etkili parametre olarak seçilmesi öne çıkmıştır. Ekorejyon farklılıkların ortaya konulması amacıyla yapılan F-testi sonucunda Ekorejyon 1 çap-boy ilişkileri bakımından diğer bölgelerden istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,001$), Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 3 arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Fakat ekorejyonlar arasında genel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu gözlemlenmiş olup, bu sebeple her bir ekorejyon için farklı tahmin değerlerine sahip karışık etkili çap-boy modelinin kullanılması uygun görülmüştür. Ekorejyon farklılıklarını dikkate almadan yapılacak tahminlerde hata miktarları Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 2'de daha fazla olmakta, bir ekorejyona özgü bir modelin farklı bir ekorejyonda kullanılması ile de hata miktarı artmaktadır. Geliştirilen çap-

boy modeline ilişkin tahmin ve hata değerlerine ilişkin grafiklerde tahminlere ilişkin hata değerlerinin rastgele bir dağılım gösterdiği ve herhangi bir trende sahip olmadığı görülmüş ve yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Yetişme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılacak dinamik bonitet endeks modelinin geliştirilmesi amacıyla farklı yetişme ortamı koşullarından olmasına dikkat edilerek seçilen Ekorejyon 1'den 61 adet, Ekorejyon 2'den 60 adet ve Ekorejyon 3'ten 147 adet olmak üzere toplam 268 örnek ağaçta gövde analizi yapılmıştır. Bu ağaçlarda yapılan gövde analizi verilerine bağlı olarak farklı yaşlara ilişkin yaş-boy değerleri elde edilmiş ve böylece toplamda 1655 veriye ulaşılmıştır.

Bonitet endeks modelinin geliştirilmesi amacıyla literatürde sıklıkla yer alan yedi farklı dinamik bonitet endeks modeline ilişkin parametre tahminleri karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak tahmin edilmiştir. Dinamik bonitet endeks modellerinden "a" parametresi tesadüfi etkili GCFY3a modeli ile "c" parametresi tesadüfi etkili GCFY4c modeli istatistisel başarı ölçütleri bakımından genel sıralamada öne çıkmış ve aynı sıralamaya sahip olmuşlardır. Bu iki model eşit sıralama değerine sahip olsalar da GCFY4c modelinin gerek AIC gerekse BIC ölçütü bakımından daha düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca GCFY3a modelinde tesadüfi etkiye sahip "a" parametresi denklemin sabit parametresi iken GCFY4c modelinde tesadüfi etkiye sahip "c" parametresi X_0'ı dolayısıyla standart yaş (t_0) ve üst boyu (h_0) etkilemektedir. Bu sebeple karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli olarak GCFY4c modelinin seçilmesi uygun bulunmuştur.

Gövde analizi verileri hiyerarşik yapılara sahip olmaları bakımından otokorelasyon problemine sahip olabilmektedirler ve bu durum ile başa çıkmakta karışık etkili modelleme yaklaşımı önerilmektedir. Çalışma kapsamında ayrıca otoregresif (AR(p)) ve hareketli ortalama (ARMA(p, q)) hata yapıları modele dahil edilmiştir. Karışık etkili dinamik bonitet endeks modeline hata yapılarının eklenmesiyle istatistiksel başarı ölçütlerinde önemli artış gözlenmiş ve ilgili hata yapılarının modellerde yer alması gerektiği görülmüştür. Bu bağlamda, GCFY4c+arma yapısına sahip GCFY4c.arma (King-Prodan) modeli en başarılı model olarak seçilmiştir.

Ekolojik tabanlı modellerin başarılarının ve ekolojik tabanlı modelleme yaklaşımına olan ihtiyacın olup olmama durumunun ortaya konulması amacıyla indirgenmiş model ve "c" parametresi tesadüfi etkiye sahip olan GCFY4c.arma modeline ilişkin ekorejyonlar arası farklılıklar test edilmiş ve çalışma alanı sarıçam meşcerelerinde tüm ekorejyonların üst boy gelişimlerinin birbirleri ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuştur ($p<0,05$). Bu sebeple ekolojik tabanlı ve karışık etkili dinamik bonitet endeks modelinin kullanılması tahmin bakımından üstünlük sağlamıştır. GCFY4c.arma modeline ilişkin istatistiksel ölçütler R^2=0,977; *AIC*=4931,052 ve *BIC*= 4968,933 şeklindedir.

GCFY4c.arma modeli ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin rastgele bir dağılım gösterdiği ve herhangi bir trende sahip olmadığı hata grafiklerinde görülmektedir. Ayrıca tahmin bakımından da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Başarılı sonuçlar veren GCFY4c.arma modeli aracılığıyla her üç ekorejyon için geliştirilen bonitet endeks tabloları EK A'da verilmiştir.

Oransal hata değerleri kullanılarak standart yaşa karar verilmiş ve standart yaştaki maksimum ve minimum boy değerleri belirlenerek 7,0 m genişliğinde 3 bonitet sınıfı oluşturulmuştur. Bonitete sınıflarına ilişkin orta değerler I. bonitetten III. bonitete doğru sırasıyla 30,5 m; 23,5 m ve 16,5 m ve bonitet sınıfı sınır değerleri ise 27,01-34,00 m; 20,01-27,00 m ve 13,01-20,00 m'dir.

Gerek istatistiksel başarı ölçütleri bakımından en başarılı sonuçları veren gerekse hata dağılımları bakımından uygun bulunan karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli GCFY4c.arma'nın büyüme kanuniyetlerine uygunlukları denetlenmiştir. GCFY4c.arma modeline ilişkin tahminlerin yaşa ve ekolojik bölgelere göre değişimi, verim gücüne bağlı olarak yaş-boy ilişkilerinde bilinen büyüme yasaları ile uyumluluğu, eğrilerin S biçimli olması, eğrilerin verim gücüne göre değişmesi (polimorfizm), çoklu asimptot, genel ortalama boy artımlarının maksimuma ulaşma yaşlarının bonitet iyileştikçe azalması gibi temel özellikler bakımından biyolojik olarak tatmin edici sonuçlara sahip olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte, GCFY4c.arma modeli tüm ekorejyonlarda "yetişme ortamı verim gücü iyileşmesine bağlı olarak genel ortalama boy artımının maksimum değerinin artması ve bu maksimum değere ulaşma yaşının azalması" kanuniyetini de sağlamıştır.

Ekorejyonlar için maksimum boy artım değerleri bakımından, Ekorejyon 1 için maksimum boya ulaşma süresi diğer ekorejyonlardan daha erken bir yaşta ve en yüksek maksimum boy artım değerinde olmuştur. Maksimum boy artım değerlerine ulaşma süreleri bakımından düşükten yükseğe doğru ekorejyonlara ilişkin sıralama Ekorejyon 2, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 1 şeklindedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen ekolojik tabanlı ve karışık etkili bonitet endeks modellerinin başarıları ve uygunlukları üç aşamada denetlenmiş (istatistiksel başarı, hata dağılımı ve büyüme kanuniyetlerine uygunluk) ve GCFY4c.arma modeli bütün ekorejyonlar için biyolojik olarak gerçekçi tahminler sunmuştur.

Üst boy tahmini bakımından ekorejyonlar arasında var olan farklılıklar grafiksel olarak incelenmiş ve bu farklılıkların I. bonitet için rekabetin daha sert olmasına bağlı olarak daha belirgin olduğu görülmüştür. Standart yaştan önce ve sonrasında da farklıklar belirgin olup standart yaştan sonra daha da fazla farklılık gözlenmiştir. II. bonitette de ekorejyonlar arası boy tahmini bakımından farklılıklar değerlendirildiğinde I. bonitete göre daha az olduğu görülmüştür. Bu farklılıklar standart yaşa kadar nispeten daha az iken standart yaştan sonra daha belirgin olmuştur. III. bonitet için ekorejyonlar arası boy gelişim farklılıklarının diğer bonitetlere göre daha az olduğu görülmüştür. Bu farklıklar standart yaşa kadar daha az iken standart yaştan itibaren belirginleşmiştir.

Dinamik bonitet endeks modelleri ile ekolojik farklılıkları dikkate almadan yapılan tahminlerde hata miktarları artış göstermekte ve özellikle bir ekorejyona özgü modelin farklı ekorejyonda kullanılması ile hata miktarı daha da artmaktadır. Örneğin; Ekorejyon 1'e ait veri grubunda yer alan meşcerelere ilişkin üst boyların Ekorejyon 2'ye ait denklem kullanılarak tahmin edilmesi sonucunda %10,6'lık bir mutlak hata miktarı söz konusu olmakta, Ekorejyon 3'e ait denklem kullanılarak tahmin yapılması sonucunda ise %6,2'lik bir mutlak hata miktarı ile karşılaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında geliştirilen karışık etkili dinamik bonitet endeks modeli ve literatürde yer alan Alemdağ (1967) ve Şenyurt ve Ercanlı (2013) tarafından yapılan

çalışmalar ile elde edilen tahminler ekorejyonlar bakımından karşılaştırılmış ve bahsedilen çalışmalar ile farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışmada meşcere hacminin belirlenmesinde ağaç hacim denkleminden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamından 268 örnek ağaca ilişkin gövde analizi verisi mevcut olmakla birlikte bu ağaçlar galip ağaçlara ilişkin değerler vermektedirler. Orta ve mağlup konumda bulunan ağaçlara ilişkin gövde analizi verisi bulunmadığı için ağaç hacim denklemleri geliştirilmemiş olup, örnek alanlardaki ağaçların hacim tahminlerinde bulunmak üzere Şenyurt (2011) tarafından Batı Karadeniz Bölgesi sarıçam meşcereleri için geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ekolojk tabanlı sıklığa bağlı hasılat tablosu şeklinde meşcere modelleri geliştirilmiştir. Hasılat tablolarının düzenlenmesinde meşcere ögelerine (orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim) ilişkin tahminler doğrusal olmayan regresyon modellerinin geliştirilmesiyle ortaya konulmuştur. Modellerde sıklık, bonitet ve yaş bağımsız değişken olarak yer almış ve bu amaçla meşcere ögelerine ilişkin tahminler sunan 7 adet doğrusal olmayan regresyon modeli kullanılmıştır. Parametre anlamlılığı ve istatistiksel başarı ölçütleri ile büyüme kanuniyetleri açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda meşcere ögeleri orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim için sırasıyla M4, M2, M3, M4 ve M4 modelleri en başarılı modeller olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca modeller literatürde çap-boy ve tek ağaç modellerinin geliştirilmesinde sıklıkla kullanılan fakat dinamik bonitet endeks modelleri ile meşcere modellerinin geliştirilmesinde sınırlı sayıda çalışma bulunan karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılarak geliştirilmiştir.

Meşcere ögelerine ilişkin en başarılı 5 adet doğrusal olmayan modelin seçilmesinden sonra ekolojik farklılıkların ortaya konulması amacıyla karışık etkili modelleme yaklaşımı kullanılmış ve ekorejyonlar modellerde “subject” olarak tanıtılmıştır. Tesadüfi etkili parametre kombinasyonları *AIC* ve *BIC* başarı ölçütlerine göre değerlendirilmiş ve en başarılı nihai modeller seçilmiştir. Tesadüfi etkili parametre kombinasyonlarından orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim için sırasıyla M4 modeli için “c” parametresi, M2 için “c” parametresi, M3 için “a” ve

“c” parametreleri, M4 için “b” ve “c” parametreleri ve M4 için “b” ve “c” parametreleri en başarılı sonuçları vermiştir. Çalışma alanı sarıçam meşcereleri için meşcere özellikleri bakımından ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını ortaya koymak üzere modellere ilişkin en başarılı tesadüfi etkiye sahip parametreler 3 farklı ekorejyon için tahmin edilerek ekorejyonlar arası farklılıklar F-testi ile denetlenmiştir. Orta çap tahmini bakımından Ekorejyon 2 diğer ekorejyonlardan istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken ($p<0,001$), Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim modellerine ilişkin F-istatistiklerine bağlı olarak ise tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılığın olduğu ($p<0,001$) ve her bir ekorejyon için farklı parametre tahmini sunan ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılmasının daha güvenilir tahminler sunduğu söylenebilmektedir.

Ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı görülmüş olup ayrıca tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu modeller ile yapılan tahminlerin ölçülen meşcere özelliklerine ilişkin değerler ile yakın değerler aldığı görülmüştür.

Ekorejyonlar arasında meşcere özelliklerine ilişkin tahminler bakımından anlamlı farklılıklar elde edilmesi nedeniyle indirgenmiş modellerin kullanılması ya da bir ekorejyona özgü modelin diğer ekorejyonda kullanılması sonucu ortaya çıkabilecek hatalar değerlendirilmiş ve hata ortalamaları ile hata yüzde değerleri hesaplanmıştır. Ekolojik farklılıkları dikkate almadan yapılacak tahminlerde %10’lara, bir ekorejyona özgü modelin başka ekorejyonlarda kullanılması sonucunda ise %20’lere varan hata miktarları görülmüştür. Bu değerler negatif ve pozitif yönlerde meydana gelebilmekte ve hatta literatürde yer alan bazı çalışmalarda da belirtildiği üzere %40 gibi daha yüksek değerlere ulaşabilmektedir.

Sıklığa bağlı hasılat tablolarının geliştirilmesinde kalan meşcere öğeleri ile birlikte ayrılan meşcere öğelerinin de ortaya konulması gerekmektedir. Bu amaçla ayrılan meşcere öğelerinden ağaç sayısı ve ayrılan meşcere hacmi ortaya konulmuştur. Ağaç sayısı periyotlar arası ağaç sayısı farkından elde edilmiştir. Ayrılan hacim tahmini için ise Şenyurt (2011) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemi kullanılmıştır.

Ayrılan meşcere hacminin hesaplanması amacıyla her bir örnek alanda yer alan mağlup ağaçların orta çap ve boyları ile kalan meşcereye ilişkin orta çap ve boylar arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerinde meşcere ögelerinin ekorejyonlar arası farklılıklar gösterdiği ortaya konulmuş olup bu sebeple sıklığa bağlı hasılat tabloları her bir ekorejyon için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Bu amaçla 3 farklı ekorejyon, 3 farklı bonitet sınıfı (I, II ve III), 3 farklı sıklık sınıfı (4, 8 ve 12) ile 10 yıllık yaş basamaklarına (40-150 yıl) bağlı olarak kalan meşcere, ayrılan meşcere özelliklerine ilişkin tahminler ile hasılat tablosuna ilişkin yıllık cari artım, genel meşcere hacmi ve ara hasılat yüzdesi, kalan ve genel meşcerelere ilişkin ortalama artım değerleri hesaplanarak ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tabloları oluşturulmuştur (EK B).

Çalışma kapsamında geliştirilen kalan meşcere, ayrılan meşcere ve diğer öğelerden oluşan sıklığa bağlı hasılat tablolarının meşcere yaşı, sıklık dereceleri ve yetişme ortamı verim gücüne bağlı olarak biyolojik kanuniyetler bakımından değişimleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Aynı bonitet sınıfı ve sıklık derecesinde yer alan meşcerelerde orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim gibi kalan meşcere ögeleri yaşa bağlı olarak sürekli artan ve geniş S eğrisi şeklinde bir eğilim gösterirken, ağaç sayısı negatif exponansiyel yani sürekli azalan eğrisel bir eğilim göstermektedir.

- Aynı yaş sınıfı ve sıklık derecesine sahip meşcerelerde orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim gibi kalan meşcere öğeleri yetişme ortamı verim gücünün artmasına bağlı olarak artış göstermekte iken ağaç sayısı değerleri ise yetişme ortamı verim gücünün artmasıyla rekabet artacağı için azalış göstermiştir.

- Aynı yaş sınıfı ve verim gücüne sahip meşcerelerde orta çap değerleri meşcere sıklığının artmasıyla azalmaktadır. Meşcere göğüs yüzeyi, hacim ve ağaç sayısı gibi kalan meşcere öğeleri ise toplamsal değerler oldukları için sıklığın artmasıyla birlikte artış göstermektedir. Kalan meşcere öğelerinden orta boy değerleri ise sıklığa bağlı olarak önemli bir değişim göstermemiştir.

- Ayrılan meşcere öğelerinden ağaç sayısı değerleri diğer koşulların sabit olması durumunda yaş ve bonitet sınıfının artmasına bağlı olarak azalmakta iken sıklık derecesinin artmasıyla birlikte artış göstermektedir. Ayrılan meşcere toplam hacim değerleri ise meşcere yaşı, sıklığı ve yetişme ortamı verim gücünün artmasıyla artış göstermektedir.

- Hasılat tablosunun kalan ve ayrılan meşcere dışındaki diğer öğelerinden olan yıllık cari artım değerleri yaşın artmasına bağlı olarak azalış gösterirken yetişme ortamı verim gücü ve sıklık derecelerinin artışına bağlı olarak ise artış göstermektedir.

- Genel meşcere gövde hacmi ve ara hasılat yüzdesi yaş artışına bağlı olarak sürekli olarak artmakta iken genel meşcere hacim değeri, yetişme ortamı verim gücü ve meşcere sıklığı ile artmaktadır.

- Kalan meşcere ve genel meşcere ortalama artım değerleri belirli bir yaşa kadar artmakta ve bu yaş civarında maksimum seviyelerde seyretmektedir. Daha sonra yaşın ilerlemesiyle azalmaya başlamaktadır. Ayrıca yetişme ortamı verim gücü ve meşcere sıklığının artmasına bağlı olarak genel ve kalan meşcereye ilişkin ortalama artım değerleri artış göstermektedir.

- Büyüme eğrilerinin bonitet endeksi ve sıklık derecelerine bağlı olarak değişmesi beklenmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen meşcere modellerinden ağaç sayısı modelinde aynı sıklık derecesine ilişkin farklı bonitet sınıflarında yeterince doğrusal olmayan bir davranış gözlemlenmemiştir.

Çalışmaya konu Kastamonu ve Sinop yöresi içerisinde yer alan 3 ekorejyonda genel ortalama hacim artımının maksimuma ulaşma süreleri farklılık göstermiş olup Ekorejyon 1 diğer ekorejyonlardan daha erken yaşta maksimuma ulaşmıştır. Bu durumda ekolojik farklılıkları dikkate alarak yapılan ekolojik sınıflandırmaların planlama stratejilerinde de dikkate alınması planlamanın etkinliğini ve verimliliğini artırabilmektedir. Bu bağlamda yapılacak çalışmalar önemli bir araç olarak hizmet edebilmektedir.

Sıklığa bağlı hasılat tablolarına ilişkin kalan meşcere öğelerinin tahmininde doğrusal olmayan modellerin kullanılması, farklı yetişme ortamı ve sıklık derecelerinde yer alan meşcerelerin oransal olarak farklı tahminler sunması biyolojik olarak istenen ve beklenen bir durum ortaya koymaktadır. Doğrusal olmayan modeller ile daha esnek ve daha güvenilir tahminler elde edilmektedir. Ayrıca doğrusal olmayan regresyon modelleri karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmiştir. Karışık etkili modelleme yaklaşımı oldukça başarılı ve tatmin edici sonuçlar sunması bakımından önemli olmakla birlikte meşcere modellerinin geliştirilmesinde oldukça sınırlı kalmıştır. Bu sebeple karışık etkili ve doğrusal olmayan modeller daha güvenilir tahminler sunmaktadırlar.

Tez çalışması kapsamında üç ana modelden birini oluşturan çap dağılım modelleri de ortaya konulmuştur. Kastamonu ve Sinop illerinde yayılış gösteren sarıçam meşcereleri için Gamma-2p, Gamma-3p, Johnson SB, Normal, Weibull-2p ve Weibull-3p olmak üzere altı farklı dağılım denenmiş ve her bir ekorejyon için fonksiyonların parametre tahminleri yapılmıştır. *KS*, *AD*, X^2 ve hata indeksi ölçütlerine göre yapılan rölatif değerlendirme sonucunda her üç ekorejyon için de Johnson SB dağılım fonksiyonu en başarılı sonuçları vermiştir. Dal (2019) tarafından Kastamonu yöresi sarıçam meşcereleri için geliştirilen çalışmada da Johnson SB dağılımının başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmanın diğer ayağını tek ağaç modelleri oluşturmaktadır ve bu amaçla 292 örnek alandan alınan 2318 örnek ağaç verisine dayanarak uzaklıktan bağımsız tek ağaç modeli geliştirilmiştir. Bu sebeple daha anlamlı sonuçlar vermesinden dolayı 5 yıllık ortalama çap artım değerleri bağımız değişken olarak ve örnek ağaca ilişkin göğüs çapı, meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapı, meşcere yaşı, meşcere sıklık derecesi, meşcere bonitet endeksi, *BAL* ve *YE1* yarışma endeksleri bağımsız değişkenler olarak modelde yer almışlardır. Modele ilişkin başarı ölçütleri R^2= 0,629; *HKOK*=0,914; *OMH*=0,71 ve *AIC*=-140,015 şeklindedir. Ekolojik farklılıkları ortaya koyabilmek ve bu ekorejyonlara ilişkin parametre tahminlerini yapmak üzere tek ağaç çap artım modeline karışık etkili modelleme yaklaşımı uygulanmıştır. En başarılı tesadüfi etkiye sahip "c" parametresi 3 farklı ekorejyon için tahmin edilmiş ve her üç ekorejyon için farklı parametre değerlerine sahip modeller ve indirgenmiş modellere F-testi uygulanmıştır. F-istatistiklerine göre tüm ekorejyonlar arasında

anlamlı farklılığın olduğu ($p<0,001$) ve her bir ekorejyon için farklı parametre tahmini sunan ekorejyon tabanlı ve karışık etkili modellerin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca geliştirilen karışık etili ve ekolojik tabanlı modele ilişkin R^2 değeri 0,691'e yükselmiştir. Ekolojik tabanlı ve karışık etkili modeller ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olmadığı görülmüştür. Yine tahmin grafikleri bakımından da oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Modele ilişkin tahmin değerleri ile arazide ölçülen çap artım değerleri arasında anlamlı farklılık olup olmadığı test edilmiş ve sonuç olarak $p>0,05$ önem düzeyinde farksız oldukları görülmüştür.

Çap artım değerlerinin yaşa bağlı olarak azaldığı görülmüş olup benzer değişim sıklık derecesinin artışıyla da gözlenmiştir. Sık meşcerelerde çap artımının az olduğu ve seyrek meşcerelerde ise çap artımının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu değişim Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'te belirgin olarak gözlenmiş olup Ekorejyon 2'de sıklık derecelerine göre çap artımlarının değişimi daha az belirgin olmuştur. Çap artımları yetişme ortamı verim gücünün artmasıyla birlikte artış göstermiştir. I. bonitetlerde çap artımı fazla iken III. bonitetlerde artım miktarı az olmaktadır. Her 3 ekorejyonda da aynı değişim ve eğilim gözlenmiştir. *BAL*'a göre çap artım değişimleri, yarışma endeksinin artmasıyla çap artımlarının azaldığı ve *BAL*'ın azalmasına bağlı olarak ise çap artım değerlerin daha fazla olduğu şeklindedir. Her bir ekorejyona da aynı değişim meydana gelmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen büyüme modelleri özellikle yaşlı meşcerelerde daha dikkatli kullanılmalıdır. Çünkü çalışma kapsamında elde edilen örnek alanların yaş dağılımları dikkate alındığında hata miktarı ileri yaşlı ve çok genç meşcerelerde yüksek olmaktadır. Modellerin tahmin yeteneği örnek alanların alındığı meşcere yaşı aralığında daha güvenilirdir.

Çalışma kapsamında büyüme modellerinin geliştirilmesinde kullanılan veriler ekorejyon farklılıkları ile birlikte yaş, yetişme ortamı verim gücü ve sıklık dereceleri bakımından da farklılıkları yansıtacak biçimde geçici örnek alanlardan elde edilmiştir. Fakat devamlı örnek alanların bulunması durumunda meşcere gelişimi belirli aralıklarla takip edilmekte ve veriler bir araya getirilerek modelleme çalışmaları için güvenilir bir altlık oluşturmaktadır. Devamlı örnek alanların

bulunmadığı durumlarda verilerin elde edilmesi amacıyla kullanılan geçici örnek alanlar ile meşcereye ilişkin zamansal bir projeksiyon oluşturulmaya çalışılmaktadır. Farklı alanlardan aynı bonitet ve sıklıklardaki meşcerelerden elde edilen veriler bir araya getirilerek bir meşcerenin zamansal olarak devamlılığı sağlanmaya çalışılır. Yetişme ortamı verim gücü zamanla pek değişmese de meşcere sıklığı değişim gösterebilmektedir ve bu durum geçici örnek alanların kullanılmasının dezavantajlarından olmaktadır. Bu dezavantajlardan kaçınmanın yolu devamlı örnek alanların kurulması ile mümkün olmaktadır. Bu sayede meşcereler belirli aralıklarla gözlenebilecek ve güvenilir veriler ile büyüme modelleri kullanılabilecektir. Yine devamlı örnek alanlara ilişkin çeşitli ekolojik faktörlerin de dikkate alınması modellerde bu faktörlerin yer almasına olanak sağlayacak ve modellerin tahmin yeteneği ile güvenilirliğini artıracaktır.

Planlama çalışmalarında hasılat tabloları kullanılmakta olup bu amaçla da genellikle müdahale görmemiş meşcereler için geliştirilen normal hasılat tabloları kullanılmaktadır. Fakat ülkemizde müdahale görmemiş meşcerelerin neredeyse yok denecek kadar az olması normal hasılat tabloları yerine sıklığa bağlı hasılat tablolarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır.

Sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenirken elde edilecek veriler farklı iklim, topografya, toprak vb. yapısına sahip meşcerelerden elde edilmektedir. Bu nedenle aynı ağaç türüne ilişkin farklı ekorejyonlardaki büyüme potansiyelleri farklı olacaktır. Gerek tek ağaçlar gerekse meşcere gelişimi üzerinde önemli etkiye sahip olan ekolojik faktörlerin ya da bu faktörler aracılığıyla geliştirilen ekolojik sınıflandırmaların büyüme modellerinde yer almaları doğru ve güvenilir tahminler bakımından çok önemlidir. Geleceğimiz olan ormanlarımızdan faydalanmayı etkili bir şekilde planlamak ve bu kaynakların sürekliliğini sağlamak üzere altlık görevi gören güvenilir ve esnek modellerin asli ağaç türlerimizin tümü için geliştirilmesi oldukça önemli olmaktadır.

KAYNAKLAR

Adame, P., Cañellas, I., Roig, S., & Del Río, M. (2006). Modelling dominant height growth and site index curves for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Annals of Forest Science, 63*(8), 929-940.

Adame, P., del Río, M., & Canellas, I. (2008). A mixed nonlinear height-diameter model for pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Forest Ecology and Management, 256*(1-2), 88-98.

Akalp, T. (1978a). *Türkiye'deki Doğu ladini (Picea orientalis Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Akalp, T. (1978b). Anamorfik ve polimorfik yöntemlerle bulunmuş bonitet eğrilerinin karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *28*, 213-232.

Akbaş, U., & Şenyurt, M. (2018). Site quality estimations based on the generalized algebraic difference approach: A case study in Çankırı forests. *Revista Árvore, 42*(3) :e420311.

Alemdağ, İ. Ş. (1962). *Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.

Alemdağ, İ. Ş. (1967). *Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.

Alkan, O. (2019). Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı, Çap-Boy, Çap Dağılım ve Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Isparta.

Allen, M.G.II., Antón-Fernández, C., & Astrup, R. (2020). A standlevel growth and yield model for thinned and unthinned managed Norway spruce forests in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research, 35*(5-6), 238-251.

Álvarez González, J. G., Ruíz González, Rodríguez Soalleiro, R., & Barrio-Anta, M. (2005). Ecoregional site index models for *Pinus pinaster* in Galicia (northwestern Spain). *Annals of Forest Science, 62*(2), 115-127.

Anonim, (1993). *Sarıçam el kitabı*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Muhtelif Yayınlar Serisi No: 67.

Anşin, R., & Özkan, Z,C. (1997). *Tohumlu bitkiler (Spermatophyta) odunsu taksonlar*. Trabzon : 2. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No: 19.

Anşin, R. (2001). *Tohumlu bitkiler*. Trabzon: K.T.Ü Basımevi, 255 s.

Asan, Ü. (1984). *Kazdağı göknarı (Abies equi-trojani Aschers Et Sinten) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Asan, Ü. (1987). Batı ve Orta Karadeniz yöresindeki Doğu kayını ormanlarında bonitet araştırmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 37,* 106-130.

Asan, Ü. (1999). *Ormancılık bilgisi*. İstanbul: İÜ Orman Fakültesi, 4197/461.

Ashraf, M.I., Meng, F.R., Bourque, CP.A., & MacLean D.A. (2015). A Novel Modelling Approach for Predicting Forest Growth and Yield under Climate Change. *PLoS ONE*, 10(7).

Atalay, İ. (2012). *Sarıçam* (*Pinus sylvestris* L. var. *sylvestris*) *Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması*. Müdürlük Yayın No: 45, Meta Basım Matbaacılık.

Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin ekolojik bölgeleri*. Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

Avery, T.E., & Burkhart, H.E. (1994). *Forest measurements*. New York: McGraw-Hill Series in Forest Resources, 408p.

Aylak Özdemir, G. (2013). Trakya Meşe Ormanlarında Artım ve Büyüme İlişkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Bailey, R. L., & Clutter, J. L. (1974). Base-age invariant polymorphic site curves. *Forest Science, 20,* 155–159.

Bailey, R. L., & Dell, T. R. (1973). Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science, 19*(2), 97-104.

Bailey, R. L. (1980). Individual tree growth derived from diameter distribution models. *Forest Science, 26*(4), 626-632.

Barrio-Anta, M., & Diéguez-Aranda, U. (2005). Site quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in Galicia (northwest Spain). *European Journal of Forest Research, 124*(1), 19-28.

Barrio-Anta, M., Castedo-Dorado, F., Dieguez-Aranda, U., Alvarez-Gonzalez, J.G., Parresol, B.R. & Soalleiro, R.R. (2006). Development of a basal area growth system for maritime pine in northwestern Spain using the generalized algebraic difference approach. *Canadian Journal of Forest Research, 36,* 1461–1474.

Baskerville, G. L. (1972). Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research, 2*(1), 49-53.

Başkent, E., Yolasığmaz, H. A., & Mısır, M. (2001). Orman ekosistem amenajmanı. *I. Ulusal Ormancılık Kongresi*, Mart, 2001, Bildiriler Kitabı, 60-74, Ankara.

Başkent, E. Z., Köse, S., Yolasığmaz, H. A., Çakır, G. & Keleş, S. (2002). Orman amenajmanında yeni açılımlar çerçevesinde planlama sürecinin değerlendirilmesi ve yeniden tasarlanması. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler*, Bildiriler Kitabı, 23-38, İstanbul.

Batu, F., & Kapucu, F. (1995). Doğu Karadeniz Bölgesi kızılağaç meşcerelerinde bonitet endeksi ve hasılat tablosunun düzenlenmesi. *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 349-362, Trabzon.

Begon, M., Harper, J.L., & Townsend, C.R. (1986). *Ecology*. Blackwell Science, Oxford.

Bilgili, F. (2007). Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Meşcereleri İçin Normal Hasılat Tablosu. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Birler, A. S. & Yüksel, Y. (1983). *Sahilçamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması*. İzmit: Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını.

Birler A.S. (1983). I.214 *Melez kavağı plantasyonlarında hasılat araştırmaları*. İzmit: Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, No: 125.

Birler, A. S., Kocar, S., Avcıoğlu, E., Diner A., Gürses, K., & Gülbaba, A. G. (1995). *Ökaliptus ağaçlandırmalarında hacim ve kuru madde hasılatı*. İzmit: Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, No: 66.

Bolat, F. (2014). Bursa-Kestel Orman İşletme Şefliği İçerisindeki Meşcereler İçin Çap Dağılım Modellerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Çankırı.

Bolat, F. (2021). Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Artım Ve Büyümenin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi. Doktora Tezi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Çankırı.

Borders, B. E., Zhao, D., Wang, M., & Kane, M. (2014). *Growth and yield models for second/third rotation loblolly pine plantations in the piedmont/upper costal plain and the lower coastal plain of the southeastern US*. University of Georgia, Georgia: Plantation Management Research Cooperative Technical Report.

Botkin, D.B. (1993). *Forest dynamics an ecological model*. NewYork: Oxford University Press.

Brooks, J.R., & Wiant Jr, H.V. (2005). Evaluating ecoregion-based heightdiameter relationships of five economically ımportant Appalachian hardwood species in

West Virginia. *The Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium*, 237-242, Washington.

Brooks, J.R., & Wiant Jr, H.V. (2008). Ecoregion-based local volume equations for Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, *25*(2), 87-92.

Burkhart, H.E. (1990). *Status and future of growth and yield models*. In LaBau VJ, Cunia T (eds) State-of-the-art methodology of forest inventory: a symposium proceedings. USDA Forest Service, Pacific Northwest Forest Experiment Station, Portland, pp 409–414, General Technical Report, PNW-GTR-263.

Burkhart, H.E., & Strub, M.R. (1974). *A model for simulation of planted loblolly pine stands*. P. 128 –135 in Growth models for tree and stand simulation, Fries, J. (ed.). Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden.

Burkhart, H. E., & Tomé, M. (2012). *Modeling forest trees and stands*. Dordrecht: Springer.

Calama, R., Cañadas, N., & Montero, G. (2003). Inter-regional variability in site index models for even-aged stands of stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. *Annals of Forest Science*, *60*(3), 259-269.

Calama, R., & Montero, G. (2004). Interregional nonlinear height diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, *34*(1), 150-163.

Cañadas-López, A., Andrade-Candell, J., Domínguez-A, J.M., Molina-H, C., Schnabel-D, O., Vargas-Hernández, J.J., & Wehenkel, C. (2018). Growth and yield models for teak planted as living fences in Coastal Ecuador. *Forests*, *9*, 55.

Cañadas-López, A., Rade-Loor, D., Siegmund-Schultze, M., Moreira-Muñoz, M., Vargas-Hernández, J.J., & Wehenkel, C. (2019). Growth and yield models for balsa wood plantations in the Coastal Lowlands of Ecuador. *Forests*, *10*, 733.

Canadas, N., Garcia, C., & Montero, G. (1999). Height-diameter relationship for *Pinus pinea* L. in the Central System. *In: Proceedings of the Congress on Administration and Managament of Sustainable Forestry*, *1*, 139-154.

Carmean, W. H. (1972). Site index curves for upland oaks in the Central States. *Forest Science*, *18*(2), 109-120.

Carmean, W. H., & Lenthall, D. J. (1989). Height-growth and site-index curves for jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, *19*(2), 215-224.

Carus, S. (1996). Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaşa göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *46*(2), 171-181.

Carus, S. (1998). Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) Ormanlarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Carus, S. (2005). A diameter increment model for Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Isparta region, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, *26*(3), 467.

Carus, S., & Çiçek, E. (2007). Adapazarı-Süleymaniye dişbudak plantasyonlarında (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) tek ağaçlar için bir çap artım modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *8*(1), 34-48.

Carus, S., & Çatal, Y. (2008). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde 7-ağaç örnek nokta yöntemiyle meşcere ağaç sayısının çap basamaklarına dağılımının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9*(2), 158-169.

Carus, S., & Çatal, Y. (2011). The alteration of diameter distribution by site quality and age in even aged Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) stands in southern Turkey. *Conservation, Ecology, Restoration and Management of Mediterranean Pines and their Ecosystems: Challenges under Global Change*, France.

Carus, S., & Gülden, Y. (2014). Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında tek ağaçlarda çap artımının modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15*, 102-107.

Castedo-Dorado, F., Barrio-Anta, M., Parreson B.R., & Alvarez-Gonzalez, J.G. (2005). A stochastic height-diameter model for maritime pine ecoregions in Galicia (northwestern Spain). *Annals of Forest Science*, *62*, 455–465.

Castedo-Dorado, F., Dieguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Sanchez-Rodriguez, M., &Von 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.

Cieszewski, C. J., & Bailey, R. L. (2000). Generalized algebraic difference approach: theory based derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes. *Forest Science*, *46*, 116–126.

Cieszewski, C. J. (2001). Three methods of deriving advanced dynamic site equations demonstrated on inland Douglas-fir site curves. *Canadian Journal of Research, 31*(1), 165-173.

Cieszewski, C. J. (2002). Comparing fixed- and variable-base-age site equations having single versus multiple asymptotes. *Forest Science, 48*(1), 7-23.

Cieszewski, C. J. (2004). *GADA derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from Richards to Weibull and other exponential functions*. Athens: Plantation Management Research Cooperative Technical Report, 2004-5.

Cieszewski, C. J., Strub, M., & Zasada, M. J. (2007). New dynamic site equation that fits best the schwappach for Scots pine (*Pinus slyvestris* L.) in Central Europe. *Forest Ecology and Management, 23*, 83-93.

Cieszewski, C.J., & Strub, M. (2008). Generalized algebraic difference approach derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from exponential and logarithmic functions. *Forest Science, 54*, 303-315.

Clutter, J. L. (1963). Compatible growth and yield models for loblolly pine. *Forest Science, 9*(3), 354-371.

Clutter, J. L., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H., & Bailey, R. L. (1983). *Timber management: A quantitative approach*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Coble, D. W. (2009). A new whole-stand model for unmanaged loblolly and slash pine plantations in east Texas. *Southern Journal of Applied Forestry, 33*(2), 69-76.

Crecente-Campo, F., Alboreca, A. R., & Diéguez-Aranda, U. (2009). A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. *Annals of forest science, 66*(8), 808.

Curtis, R. O. (1967). Height-diameter and height-diameter-age equations for second growth Douglas-fir. *Forest Science, 13*(4), 365-375.

Curtis, R.O. (1970). Stand density measures: An interpretation. *Forest Science, 16*(4), 403-414.

Curtis, R. O., Clendenan, G., & DeMars, D. J. (1981). *A new stand simulator for coast douglas-fir: DFSIM users guide*. Portland: USDA Forest Service General Technical Report, PNW-128.

Cysneiros, V.C., Pelissari, A.L., Gaui, T.D., Fiorentin, L.D., de Carvalho, D.C., Silveira Filho, T.B., & Machado, S.D.A. (2020). Modeling of tree height diameter relationships in the Atlantic Forest: effect of forest type on tree allometry. *Canadian Journal of Forest Research, 50*, 1-10.

Çatal, Y. (2009). Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

Çatal, Y., Carus, S., Özçelik, R., & Alkan, O. (2014). Tek ağaçta çap artımı üzerinde artımın ölçüldüğü periyot süresi ve meşcere sıklığının etkisinin incelenmesi (Ağlasun kızılçam ağaçlandırmaları örneği). *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 170-178, Isparta.

Çatal, Y., & Güneş, S. (2016). Isparta yöresi kızılçam meşcerelerinde çap dağılımının örnek alan ağaç sayısına göre modellenmesi. *Turkish Journal of Forestry, 17*(2), 166-173.

Çatal, Y., & Carus, S. (2018). A height-diameter model for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Southwestern Turkey. *Applied Ecology And Environmental Research, 16*(2), 1445-1459.

Çepel, N., Dündar, M., & Günel, A. (1976). Türkiye'nin önemli yetişme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *26*(2) 25-64.

Dağdaş, S., Elmas, M., & Timur, L. (2019). Türkiye'de, sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) en güney enlemlerde belirlenen yeni yayılışları. *Doğanın Sesi, 3*, 50-62.

Dal, E. (2019). Kastamonu Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Çap Dağılımlarının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Dantas, D., Calegario, N., Acerbi Júnior, F.W., Carvalho, S.P.C., Isaac Júnior, M.A., Melo, E.A. (2020). Multilevel nonlinear mixed-effects model and machine learning for predicting the volume of *Eucalyptus* spp. trees. *Cerne, 26*(1), 48-57.

Diéguez-Aranda, U., Burkhart, H. E., & Amateis, R. L. (2006). Dynamic site model for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations in the United States. *Forest Science, 52*(3), 262-272.

Duan, G., Gao, Z., Wang, Q., & Fu., L. (2018). Comparison of Different Height–Diameter Modelling Techniques for Prediction of Site Productivity in Natural Uneven-Aged Pure Stands. Forests, *9*(63), 1-18.

Durkaya, B. (2004). Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşçerelerinde Artım-Büyüme İlişkileri. Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.

Doğdaş, İ. (2014). Burdur-Ağlasun Yöresi Kızılçam Ormanlarında Meşcere Ağaç Sayısı, Hacim ve Hacim Artımının Çap Basamaklarına Dağılımının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

Eler, Ü. (1986). *Türkiye'de boylu ardıç (Juniperus excelsa Bieb.) ormanlarında hasılat araştırmaları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten.

Eler, Ü. (2001). *Orman amenajmanı*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:17.

Eler, Ü. (2013). *Dendrometri*. (Gözden Geçirilmiş, İkinci Baskı). Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 30.

Eler, Ü., & Carus, S. (2006). *Orman hasılat bilgisi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:66, 201s.

Eliçin, G. (1972). *Türkiye Sarıçamlarında (Pinus silvestris L.) morfogenetik araştırmalar*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 1662/180.

Enzinga, G.Y., & Jiang, L.C. (2019). Evaluation of region and subregion-based height-diameter models for Dahurıan larch (*Larix gmelinıı*) in Daxing'an Mountains in China. *Applied Ecology and Environmental Research, 17*(6), 13567-13591.

Eraslan, İ. (1954). *Trakya ve bilhassa Demirköy mıntıkası meşe ormanlarının amenajman esasları hakkında araştırmalar*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Eraslan, İ. (1982). *Orman amenajmanı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:318.

Eraslan, İ., & Evcimen, B. S. (1967). Trakya'daki meşe ormanlarının hacim ve hasılatı hakkında tamamlayıcı araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A*(1), 31-56.

Ercanlı, İ. (2003). Artvin Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisindeki Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Meşcerelerinde Sıklığa Bağlı Hâsılat Tablosunun Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Ercanlı, İ. (2010). Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerlerine İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon

Ercanlı, İ., Keleş, S., Sivrikaya, F., Çakır, G., Günlü, A., Karahalil, U., Kadıoğulları, A., Başkent, E. Z., & Köse, S. (2007a). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için yöresel (Yalnızçam ve Uğurlu Orman İşletme Şeflikleri) sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2*, 78-101.

Ercanlı, İ., Altun, L., Yılmaz, M., Usta, A., Yılmaz, F., & Günlü, A. (2007b). Sinop yöresi ağaçlandırmalarına ilişkin yöresel sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 3*(1), 35-55.

Ercanlı, İ., & Yavuz, H. (2010). Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 10*(1), 68-83.

Ercanlı, İ., Kahriman, 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. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 13*, 75-84.

Ercanlı, İ., Bolat, F., & Kahriman, A. (2013). Comparing parameter recovery methods for diameter distribution models of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located Trabzon and Giresun Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium*, 119-126, Artvin, Turkey.

Ercanlı, İ., Kahriman, A., & Yavuz, H. (2014). Dynamic base-age invariant site index models based on generalized algebraic difference approach for mixed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38*, 134-147.

Ercanlı, İ. (2015). Nonlinear mixed effect models for predicting relationships between total height and diameter of oriental beech trees in Kestel, Turkey. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 21*(1),185-202.

Ercanlı, İ., & Eyüboğlu, D. (2019). Ağaçların çap-boy modellemesine ilişkin otokorelasyon probleminin giderilmesinde karışık etkili doğrusal olmayan regresyon modelleri ile otoregresif regresyon modellerinin karşılaştırılması. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, *5*(1), 17-27.

Ercanlı, İ. (2019). An application of R software model based on deep learning algorithms to provide future use of other forest practitioner for predicting individual tree height. *Anatolian Journal of Forest Research, 5*, 117-126.

Ercanlı, İ. (2020a). Innovative deep learning artificial intelligence applications for predicting relationships between individual tree height and diameter at breast height. *Forest Ecosystems, 7*, 12.

Ercanlı, İ. (2020b). Artificial intelligence with deep learning algorithms to model relationships between total tree height and diameter at breast height. *Forest Systems, 29*(1), e013.

Erdemir, Ö. (1974). *Sarıkamış, Oltu ve Göle mıntıkaları saf sarıçam meşcerelerinde hasılat araştırmaları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Erkan, N. (1996). *Kızılçamda (Pinus brutia Ten.) meşcere gelişmesinin simülasyonu*. Elazığ: Güneydoğu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları.

Evcimen, B. S. (1963). *Türkiye sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Fang, Z., & Bailey, R. L. (2001). Nonlinear mixed effects modeling for slash pine dominant height growth following intensive silvicultural treatments. *Forest science*, *47*(3), 287-300.

Fonseca, T. F., Marques, C. P., & Parresol, B. R. (2009). Describing maritime pine diameter distributions with Johnson's SB distribution using a new all parameter recovery approach. *Forest Science*, *55*(4), 367-373.

Ford, E.D., & Sorrensen, K.A. (1992). *Theory and models of inter-plant competition as a spatial process*. Pages 363-407 in D. DeAngelis and L. Gross, editors.

Individual based models and approaches in ecology. New York, USA: Chapman and Hall,.

Fu, L.Y., Zeng, W.S., Tang, S.Z., Sharma, R.P., & Li, H.K. (2012). Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales – A case study for Masson pine in Southern China. *Journal of Forest Science*, *58*(3), 101–115.

Fırat, F. (1972). *Orman hasılat bilgisi.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Fırat, F. (1973). *Dendrometri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 1800/193, Kurtuluş Matbaası, 359 s.

Gadow, K. (1983). Fitting distributions in *Pinus patula* stands. *South African Forestry Journal*, *126*(1), 20-29.

Gadow, K. V., & Hui, G. (1999). *Modeling forest development*. Dordrecht: Springer.

García, O. (2008). Visualization of a general family of growth functions and probability distributions - the growth-curve explorer. *Environmental Modelling & Software*, *23*(12), 1474-1475.

García-Espinoza, G.G., Aguirre-Calderón, O.A., Quiñonez-Barraza, G., AlanísRodríguez, E., González-Tagle, M.A., & García-Magaña, J.J. (2019). Global-local and fixed random parameters to model dominant height growth of Pinus pseudostrobus Lindley. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *25*(1), 141-156.

Goelz, J. C. G., & Burk, T. E. (1992). Development of a well-behaved site index equation: jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research, 22*(6), 776-784.

Gorgoso, J. J., Álvarez González, J. G., Rojo, A., & Grandas-Arias, J. A. (2007). Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Forest Systems, 16*(2), 113-123.

Gorgoso-Varela J. J., & Rojo-Alboreca, A. (2014). Short communication. A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's SB functions to pedunculate oak (*Quercus robur*) and birch (*Betula pubescens*) stands in northwest Spain. *Forest Systems, 23*(3), 500-505

Gökmen, H. (1970). *Açık tohumlular, Gymnospermae*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü, Yayın No: 523/49.

Grégoire, T. G., Schabenberger, O., & Barrett, J. P. (1995). Linear modelling of irregularly spaced, unbalanced, longitudinal data from permanent-plot measurements. *Canadian Journal of Forest Research*, *25*(1), 137-156.

Grote, R. (1998). Integrating dynamic morphological properties ınto forest growth modeling, II: Allocation and mortality. *Forest Ecololgy and Management*, *111*, 193–210.

Günel, A. (1981). *Orman hasılat bilgisi ders notları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi (Basılmamıştır).

Güneş, S. (2015). Isparta Yöresi Kızılçam Meşcerelerinde Çap Dağılımının Örnek Nokta Ağaç Sayısına Göre Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.

Harrison, W. M., Cieszewski, C. J., Martin, S.W., Zasada, M., & Borders, B. E. (2002). Updated base age ınvariant height growth models for loblolly pine (*Pinus taeda*, L.) based on intensively managed plantation data. *Southern Mensurationists' Conference*, November, Symposium Proceedings, 4-8, Chattanooga.

Huang, S. (1994). *Ecologically based ındividual tree volume estimation for major alberta tree species*. Edmonton, AB: AB Sustainable Resource Development Public Lands and Forests Division.

Huang, S., & Titus, S. J. (1995). An individual tree diameter increment model for White spruce in Alberta. *Canadian Journal of Forest Research*, *25*(9), 1455 1465.

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., Morgan, D., & Titus, S. (1999). Validation of ecoregion-based taper equations for white spruce in Alberta. *The Forestry Chronicle*, *75*(2), 281-292.

Huang, S., Price, D., & Titus, S. J. (2000a). Development of ecoregion-based height diameter models for white spruce in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, *129*(1-3), 125-141.

Huang, S., Price, D., Morgan, D., & Peck, K. (2000b). Kozak's variable-exponent taper equation regionalized for white spruce in Alberta. *Western Journal of Applied Forestry*, *15*(2), 75-85.

IBM SPSS 20, (2011). *IBM SPSS Statistics for Windows, version 20.0*. IBM Corporation.

Jiang, L., Brooks, J. R., & Wang, J. (2005). Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *Forest Ecology and Management, 213*(1-3), 399-409.

Johnson, N. L. (1949). System of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika, 36,* 149-176.

Kahriman, A. (2011). Karadeniz Bölgesi Sınırları İçerisinde Yer Alan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Kahriman, A., & Yavuz, H. (2011). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12*(2), 109-125.

Kahriman, A., & Yavuz, H. (2012). Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinde çeşitli yarışma endekslerinin tek ağaçların çap artımındaki etkilerinin incelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13*(2), 235-249.

Kahriman, A., Sönmez, T., & Von Gadow, K. (2018). Site index models for Calabrian pine in the central Mediterranean region of Turkey. *Journal of Sustainable Forestry, 37*(5), 459-474.

Kalıpsız, A. (1963). *Türkiye'de karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar*. İstanbul: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Kalıpsız, A. (1984). *Dendrometri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Kalıpsız, A. (1998). *Orman hasılat bilgisi.* İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Kangas, A., & Maltamo, M. (2000). Calibrating predicted diameter distribution with additional information. *Forest Science, 46*(3), 390-396.

Kapucu, F., Yavuz, H., & Gül, A. U. (1999). *Dişbudak meşcerelerinde hacim, bonitet endeksi ve normal hasılat tablosunun düzenlenmesi sonuç raporu*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Araştırma Fon Başkanlığı.

Kapucu, F. (2004). *Orman amenajmanı*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A., & Mısır, N. (2002). *Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: *TOGTAG 2229*.

Kayacık, H. (1963). Türkiye çamları ve bunların coğrafi yayılışları üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13*, 1-17.

Kershaw Jr, J.A., Ducey, M.J., Beers, T.W., & Husch, B. (2017). *Forest mensuration*. Chichester, UK, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Kearsley, E., Moonen, P.C.J., Hufkens, K., Doetterl, S., Lisingo, J., Bosela, F.B., & Boeckx, P. (2017). Model performance of tree height-diameter relationships in the central Congo Basin. *Annals of Forest Science, 74*, 7.

Kiviste, A., Nilson, A., Hordo, M., & Merenäkk, M. (2003). Diameter distribution models and height-diameter equations for Estonian forests. A. Amaro, D. Reed & P. Soares (Eds.), *Modelling forest systems*. Wallingford: CABI Publishing.

Klos, R. J., Wang, G. G., Dang, Q. L., & East, E. W. (2007). Taper equations for five major commercial tree species in Manitoba, Canada. *Western Journal of Applied Forestry, 22*(3), 163-170.

Köse, S., Yavuz, H., Mısır, M., & Mısır, N. (2001). *KTÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı ladin meşcerelerinin hasılat esasları sonuç raporu*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Araştırma Fon Başkanlığı.

Krumland, B.E., & Wensel, L.C. (1988). A generalized height–diameter equation for coastal California species. *Western Journal of Applied Forestry, 3*, 113–115.

Krumland, B., & Eng, H. (2005). *Site index systems for major young-growth forest and woodland species in northern California*. California: California Department of Forestry and Fire Protection, Report No: 4.

Kudus, K. A., Ahmad, M. I., & Lapongan, J. (1999). Nonlinear regression approach to estimating Johnson SB parameters for diameter data. *Canadian Journal of Forest Research*, *29*(3), 310-314.

Lappi, J. (1997). A longitudinal analysis of height–diameter curves. *Forest Science, 43*, 555-570.

Larsen, D.R., & Hann, D.W. (1987). *Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon*. Research paper 49. Corvallis, Oregon: Forest Research Laboratory, Oregon State University, 16s.

Lawless, J.F. (1982). *Statistical models and methods for lifetime data*. New York: John Wiley & Sons.

Lee, D., Beuker, E., Vihera-Aarni, A., & Hynynen, J. (2021). Site index models with density effect for hybrid aspen (*Populus tremula* L.×*P. tremuloides* Michx.) plantations in southern Finland. *Forest Ecology and Management, 480*, 118669.

Loetsch, F., Zöhrer, F., & Haller, K. E. (1973). *Forest inventory*. München: BLV Verlagsgesellschaft.

López-Sánchez, C.A., Gorgoso-Varela, J., Castedo-Dorado, F., Rojo-Alboreca, A., Rodríguez-Soalleiro, R., Alvarez-González, J.G., & Sánchez-Rodríguez, F. (2003). A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Annals of Forest Science, 60*, 237–245.

Mäkelä, A., Landsberg, J., Ek, A. R., Burk, T. E., Ter-Mikaelian, M., Ågren, G. I., Oliver, C. D., & Puttonen, P. (2000). Process-based models for forest ecosystem management: current state of the art and challenges for practical implementation. *Tree Physiology, 20*, 289-298.

Maltamo, M. (1997). Comparing basal area diameter distributions estimated by tree species and for the entire growing stock in a mixed stand. *Silva Fennica*, *31*, 53–65.

Mateus, A., & Tomé, M. (2011). Modelling the diameter distribution of eucalyptus plantations with Johnson's SB probability density function: parameters recovery from a compatible system of equations to predict stand variables. *Annals of Forest Science*, *68*, 325-335.

Mathwave (2015). EasyFit 5.5 Professional edition. www.mathwave.com.

Mbangilwa, M.M., & Jiang, L.C. (2019). Evaluation of region and subregion based total volume equations for Dahurian larch in Northeast China. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(5),10543-10564.

Mbangilwa, M.M., He, P., & Jiang, L.C. (2020). Evaluation of ecoregion-based volume equations for Scots pine (*Pinus sylvestrix*) in the Eastern Daxing'an Mountains, Northeast China. *Applied Ecology and Environmental Research*, *18*(4), 4941-4958.

Mehtätalo, L. (2013). Forest biometrics with examples in R. University of Eastern Finland School of Computing.

Meng, S. X., Huang, S., Yang, Y., Trincado, G., & VanderSchaaf, C. L. (2009). Evaluation of population-averaged and subject-specific approaches for modeling the dominant or codominant height of lodgepole pine trees. *Canadian Journal of Forest Research*, *39*(6), 1148-1158.

Mensah, S. Pienaar, O.L., Kunneke, A., du Toit, B., Seydack, A., Uhl, E., Pretzsch, H., & Seifert, T. (2018). Height-diameter allometry in South Africa's indigenous high forests: Assessing generic models performance and function forms. *Forest Ecology and Management*, *410*, 1-11.

Meyer, H. A. (1940). A mathematical expression for height curves. *Journal of Forestry*, *38*(5), 415-420.

Mısır, M. (2001). Yöneylem Araştırması Teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Orman Amenajman Planının Düzenlenmesi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Mısır, N. (2003). Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Mısır, N. (2010). Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology*, *9*(28), 4348-4355.

Mısır, N., & Yavuz, H. (2013). Ülkemizdeki hasılat tablolarının bilimsel ve uygulama açısından irdelenmesi. *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu*, 637-645, Antalya.

Mirkovich, J. L. (1958). Normale visinske krive za chrast kitnak I bukvu v NR Srbiji. Zagreb. *Glasnik Sumarskog Fakulteta*, *13*, 43-56.

Monserud, R. A. (1984). Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type. *Forest Science*, *30*(4), 943-965.

Monserud R. A., & Sterba, H. (1996). A Basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven- aged forest stands in Austria. *Forest Ecology and Management*, *80*, 57-80.

Nelson, T. C. (1964). Diameter distribution and growth of loblolly pine. *Forest Science*, *10*, 105–115.

Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models*. Chicago: Irwin.

Newnham, R.M. (1992). Variable-form taper functions for four Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, *22*, 210–223.

Ni, C., & Liu, C. (2008). Evaluating behaviors of factors affecting the site index estimate on the basis of a single stand using simulation approach. *Canadian Journal of Forest Research*, *38*, 2762-2770.

Nigh, G. (2015). Engelmann spruce site index models: A comparison of model functions and parameterizations. *PLoS ONE, 10*(4), 1-19.

Nigh, G. (2017). *Development of a lodgepole pine site ındex model with the grounded generalized algebraic difference approach (g-GADA).* Province British Columbia, Victoria: B.C. Research Report 31. www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Rr/Rr31.htm.

Nothdurft, A., Kublin, E., & Lappi, J. (2006). A non-linear hierarchical mixed model to describe tree height growth. *European Journal Forest Research*, *125*, 281 289.

Ogana, F. N., Itam, E. S., & Osho, J. S. A. (2017). Modeling diameter distributions of Gmelina arborea plantation in Omo Forest Reserve, Nigeria with Johnson's SB. *Journal of Sustainable Forestry*, *36*(2), 121-133.

OGM, (2013). *Orman atlası*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

OGM, (2021). *Türkiye orman varlığı, 2020*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Özcan, B. G. (2002). Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Özçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Crecente-Campo, F., & Eler, Ü. (2013). Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and

artificial neural network models. *Forest Ecology and Management, 306,* 52-60.

Özçelik, R., & Çapar, C. (2014). Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için genelleştirilmiş çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15,* 44-52.

Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N., & Kırış, R. (2014a). Development of ecoregion-based height-diameter models for 3 economically important tree species of southern Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38,* 399-412.

Özçelik, R., Yavuz, H., Gürlevik, N., Karatepe, Y., & Kırış, R. (2014b). Sedir ağaç türü için yetişme ortamı bazlı gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 592-600, Isparta.

Özçelik, R., Karatepe, Y., Gürlevik, N., Cañellas, I., & Crecente-Campo, F. (2016a). Development of ecoregion-based merchantable volume systems for *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arnold. in southern Turkey. *Journal of Forestry Research, 27*(1), 101-117.

Özçelik, R., Fidalgo Fonseca, T. J., Parresol, B. R., & Eler, Ü. (2016b). Modeling the diameter distributions of Brutian pine stands using Johnson's SB distribution. *Forest Science, 62*(6), 587-593.

Özçelik, R., Cao, Q. V., Trincado, G., & Göçer, N. (2018). Predicting tree height from tree diameter and dominant height using mixed-effects and quantile regression models for two species in Turkey. *Forest Ecology and Management, 419,* 240-248.

Özçelik, R., Cao, Q. V., Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., & Eler, Ü. (2019). Modeling dominant height growth of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) stands in Turkey. *Forest Science, 65*(6), 725-733.

Özdemir, E. (2005). Tek Ağaçta Artım ve Büyümenin Simulasyonu (Sahilçamı Örneği). Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Özdemir, E. (2011). Karışık Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu (Büyükdüz Örneği). Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Özdemir, (2021). Individual tree basal area increment model for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in coppice-originated stands. *Environmental Monitoring and Assessesment, 193,* 357.

Pamay, B. (1962). Türkiye'de sarıçam (*Pinus silvestris* L.)'ın tabi gençleşmesi imkânları üzerine araştırmalar. İstanbul: T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No: 337, Seri No: 31.

Parresol, B. R. (1992). Baldcypress height–diameter equations and their prediction confidence intervals. *Canadian Journal of Forest Research, 22*(9), 1429-1434.

Parresol, B. R. (2003). *Recovering parameters of Johnson's SB distribution*. Asheville: Southern Research Station.

Peng, C., Zhang, L., & Liu, J. (2001a). Developing and validating nonlinear height diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests. *Northern Journal of Applied Forestry, 18*(3), 87-94.

Peng, C., Zhang, L., Huang, S., Zhou, X., Parton, J., Woods, M. (2001b). *Developing ecoregion-based height–diameter models for jack pine and black spruce in Ontario*. Ontario, Canada: Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Forest Research Report 159, 10s.

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*(2), 83-92.

Pienaar, L. V., Page, H. H., & Rheney, J. W. (1990). Yield prediction for mechanically site-prepared slash pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, *14*(3), 104-109.

Pienaar, L. V., Harrison, W. M., & Rheney, J. W. (1991). *PMRC yield prediction system for slash pine plantations in the Atlantic coast flatwoods*. Athens: Plantation Management Research Cooperative Technical Report.

Pillsbury, N. H., McDonald, P. M., & Simon, V. (1995). Reliability of tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry*, *10*(2), 72-78.

Pinheiro, J. C., & Bates, D. M. (2000). *Mixed-effects models in S and S-Plus*. New York: Springer Verlag.

Pogoda, P., Ochał, W., & Orzeł, S. (2020). Performance of Kernel estimator and Johnson SB function for modeling diameter distribution of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) stands. *Forests, 11*(6), 634.

Poudel, K. P., & Cao, Q. V. (2013). Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science, 59*(2), 243-252.

Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth, and yield*. Berlin, Heidelberg: Springer.

R Core Team, (2021). R version 4.0.5 (2021-03-31). The R Foundation for Statistical Computing Platform.

Rennolls, K., Geary, D. N., & Rollinson, T. J. D. (1985). Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution. *Forestry, 58*(1), 57-66.

Reynolds, M. R., Burk, T. E., & Huang, W. C. (1988). Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *Forest Science, 34*(2), 373-399.

Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany, 10*(2), 290-301.

Rumyanstseva, O., Sarantsev, A., & Strigul, N. (2020). Time series analysis of forest dynamics at the ecoregion level. *Forecasting, 2,* 364–386.

Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri*. İstanbul: İstanbul Üniveristesi Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, s 423.

Sakıcı, O. E., & Gülsunar, M. (2012). Diameter distribution of Bornmullerian fir in mixed stands. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 263-270.

Sakıcı, O. E., Seki, M., Sağlam, F., & Akyıldız, M. H. (2016). Modeling diameter distributions of black pine stands in Taşköprü region. *International Forestry Symposium*, 521-535, Kastamonu.

Santiago-García, W., de los Santos-Posadas, H. M., Ángeles-Pérez, G., ValdezLazalde, J. R., & Ramírez-Valverde, G. (2013). Compatible growth and yield system for *Pinus patula* even-aged stands. *Revista Fitotecnia Mexicana, 36*(2), 163-172.

Saraçoğlu, Ö. (1986). Karadeniz Yöresi Göknar Meşçerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Hasılatı ve Biyometri Bilim Dalı*, 369 s. İstanbul.

Saraçoğlu, N. (2017). *Orman hasılat bilgisi*. Ankara: Karınca Ajans Matbaacılık Yayıncılık.

Schreuder, H. T., & Swank, W. T. (1974). Coniferous stands characterized with the Weibull distribution. *Canadian Journal of Forest Research, 4*(4), 518-523.

Schumacher, F. X. (1939). A new growth curve and its application to timber yield studies. *Journal of Forestry, 37*(10), 819-820.

Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *38*(9), 1128- 1140.

Seki, M. (2015). Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Seki, M. (2020). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) Meşcerelerine İlişkin Ekolojik Tabanlı Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Seki, M., & Sakıcı, O. E. (2017). Dominant height growth and dynamic site index models for Crimean pine in the Kastamonu-Taşköprü region of Turkey. *Canadian Journal of Forest Research, 47*(11), 1441-1449.

Seki, M., & Sakıcı, O. E. (2021). Ecoregion-based height-diameter models for Crimean pine. *Journal of Forest Research*. https://doi.org/10.1080/13416979.2021.1972511.

Senilliani, M. G., Bruno, C., & Brassiolo, M. (2019). Site index for *Prosopis alba* plantations in the semi-arid chaco through mixed models. *Cerne, 25*(2), 195-202.

Sevim, M. (1960). Bazı önemli orman ve kültür ağaçlarının yetişme muhiti münasabetleri hakkında genel bilgiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1*, 43-57.

Sharma, M., Subedi, N., Ter-Mikaelian, M., & Parton, J. (2015). Modeling climatic effects on stand height/site index of plantation-grown jack pine and black spruce trees. *Forest Science, 61*(1), 25–34.

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*(3), 187-198.

Sharma, M., & Reid, D.E.B. (2018). Stand height/site index equations for jack pine and black spruce trees grown in natural stands. *Forest Science, 64*(1), 33-40.

Sharma, M., & Zhang, S. Y. (2004). Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce, and balsam fir in eastern Canada. *Forest Ecology and Management, 198*(1-3), 39-53.

Siipilehto, J., & Siitonen, J. (2004). Degree of previous cutting in explaining the differences in diameter distributions between mature managed and natural Norway spruce forests. *Silva Fennica, 38*(4), 425-435.

Skovsgaard, J.P., & Vanclay, J.K. (2008) Forest site productivity: A review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry, 81*(1), 13-31.

Soares, P., Tomé, M., Skovsgaard, J. P., & Vanclay, J. K. (1995). Evaluating a growth model for forest management using continuous forest inventory data. *Forest Ecology and Management, 71*(3), 251-265.

Sönmez, T. (2009). Generalized height-diameter models for *Picea orientalis* L. *Journal of Environmental Biology, 30*(5) 767-772.

Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., & Şahin, A. (2010). Saf Doğu ladini meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 388-398, Artvin.

Sönmez, T., Karahalil, U., Günlü, A., & Şahin, A. (2015). Aynı yaşlı ve saf Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaş sınıfları için değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15*(1), 26-36.

Sprugel, D. G. (1983). Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology, 64*(1), 209-210.

Spurr, S.H. (1952). *Forest inventory*. New York: The Ronald Press Company.

Stage, A.R. (2003). How forest models are connected to reality: evaluation criteria for their use in decision support. *Canadian Journal of Forest Research, 33,* 410–421.

Sterba, H., Blab, A., & Katzensteiner, K. (2002). Adapting an individual tree growth model for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in pure and mixed species stands. *Forest Ecology and Management, 159*(1-2), 101-110.

Şahin, A. (2015). Mersin Yöresi Saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları. Doktora Tezi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Artvin.

Şenyurt, M. (2011). Batı Karadeniz Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

Şenyurt, M. & Ercanlı, İ. (2013). Dynamic base-age invariant site index models for Scotch pine (*Pinus silvestris* L.) in Kastamonu Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium*, 179-183, Artvin.

Temesgen, H., & Von Gadow, K. (2004). Generalized height-diameter models-an applications for majör tree species in Complex stands of Interior British Columbia. *European Journal of Forest Reserach, 13,* 45-51.

Tetik, M. (1986). *Kuzeydoğu Anadolu'daki saf sarıçam ormanlarının ekolojik şartları*. Erzurum: Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:177.

Tham, A. (1988). *Estimate and test frequency distributions with the Johnson SB function from stand parameters in young mixed stands after different thinning treatments*. USA: USDA Forest Service General Technical Report.

Trim, K.R., Coble, D.W., Weng, Y., Stovall, J.P., & Hung, I-K. (2020). A new site ındex model for ıntensively managed loblolly pine (*Pinus taeda*) plantations in the West Gulf Coastal Plain. *Forest Science, 66*(1), 2–13.

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*(2), 253-262.

Usta, H. Z. (1991). *Kızılçam ağaçlandırmalarında hasılat araştırmaları*. Antalya: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın Serisi No: 219.

URL-1,(2021). https://kastamonuobm.ogm.gov.tr/Sayfalar/Kurulusumuz/GenelBilgiler.aspx

Vanclay, J. K. (1994). *Modeling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests.* Wallingford: CAB International.

Vanclay, J. K., & Skovsgaard, J. P. (1997). Evaluating forest growth models. *Ecological Modelling*, *98*(1), 1-12.

VanderSchaaf, C.L. (2014). Mixed-effects height–diameter models for ten conifers in the inland Northwest, USA. Southern Forests: *A Journal of Forest Science*, *76*(1), 1-9.

Van Laar, A., & Akça, A. (2007). *Forest mensuration*. Dordrecht: Springer.

Wang, Y., LeMay, V. M., & Baker, T. G. (2007). Modelling and prediction of dominant height and site index of *Eucalyptus globulus* plantations using a nonlinear mixed-effects model approach. *Canadian Journal of Forest Research, 37* (8), 1390-1403.

Wang M., Borders, B.E., & Zhao, D. (2008). An empirical comparison of two subject specific approaches to dominant heights modeling: The dummy variable method and mixed model method. *Forest Ecology and Management, 255*, 2659-2669.

Wang, M., Bhatti, J., Wang, Y., & Varem-Sanders, T. (2011). Examining the gain in model prediction accuracy using serial autocorrelation for dominant height prediction. *Forest Science, 57*(3), 241-251.

Wang, M., Kane, M.B., & Zhao, D. (2017). Correlation-regression analysis for understanding dominant height projection accuracy. *Forest Science, 63*(6), 549–558.

Weiskittel, A. R., Hann, D. W., Kershaw Jr, J. A., & Vanclay, J. K. (2011). *Forest growth and yield modeling*. Chishester: Wiley-Blackwell.

Westfall, J.A., Hatfield, A.A., Sowers, P.A., & O'Connell, B.M. (2017). Site index models for tree species in the Northeastern United States. *Forest Science, 63*(3), 283–290.

Xu, W. (2004). Developing Ecoregion-Based Height-Diameter Models and ReferenceAge Invariant Polymorphic Height and Site Index Curves for Black Spruce and Jack Pine in Manitoba. Master of Science Thesis, *University of Manitoba*. Manitoba.

Xu, W. (2012). Modelling Jack Pine *(Pinus banksiana* Lamb*)* and Black Spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) Growth and Yield in Manitoba. PhD Thesis, *Faculty of Graduate Studies of The University of Manitoba*. Manitoba.

Yavuz, H. (1988). Hasılat Tablolarının Düzenlenmesinde Normalite Kontrolünün ve Bonitetlemenin Bilgisayar Yardımıyla Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Yavuz, H. (1992). Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

Yavuz, H. (1997). Yarışma endeksleri ve büyüme modellerinde kullanılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Bahar Yarıyılı Seminerleri*, 47-54, Trabzon.

Yavuz, H., Gül, A. U., Mısır, N., Özçelik, R., & Sakıcı, O. E. (2002). Meşcerelerde çap dağılımının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu*, 203-211, İstanbul.

Yavuz, H., Mısır, N., Tüfekçioğlu, A., Mısır, M., Altun, L., Ercanlı, İ., Sakıcı, O.E., Kahriman, A., Karahalil, U., Yılmaz, M., Sarıyıldız, T., Küçük, M., Bayburtlu, Ş., Bilgili, F., Meydan, G., Kara, Ö., & Bolat, İ. (2010). *Karadeniz bölgesi saf ve karışık sarıçam (Pinus sylvestris L.) meşcereleri için mekanistik büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi*. Ankara: TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: 106O274.

Yeşil, A. (1992). Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

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*(4), 530-538.

Zhang, L., Packard, K. C., & Liu, C. (2003). A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's SB distributions to mixed spruce-fir stands in northeastern north America. *Canadian Journal of Forest Research*, *33*(7), 1340-1347.

Zhu, G., Hu, S., Chhin, S., Zhang, X., & He, P. (2019). Modelling site index of Chinese fir plantations using a random effects model across regional site types in Hunan province, China. *Forest Ecology and Management, 446*, 143–150.

EKLER

EK A. Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu

Tablo A.1 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks tablosu (Ekorejyon 1)

Yaş (yıl)	Bonitet Endeksleri (m)													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	Üst Boylar (m)													
10	0,76	0,95	1,17	1,40	1,67	1,96	2,30	2,67	3,10	3,60	4,18	4,87	5,70	6,72
20	1,83	2,28	2,78	3,32	3,92	4,58	5,30	6,11	7,02	8,04	9,19	10,52	12,06	13,85
30	2,98	3,70	4,48	5,32	6,23	7,21	8,28	9,44	10,72	12,13	13,69	15,42	17,36	19,55
40	4,14	5,11	6,15	7,25	8,43	9,68	11,02	12,46	14,01	15,68	17,48	19,44	21,57	23,91
50	5,27	6,47	7,73	9,06	10,46	11,93	13,48	15,11	16,85	18,68	20,63	22,69	24,90	27,25
60	6,34	7,75	9,21	10,73	12,30	13,94	15,65	17,42	19,28	21,21	23,22	25,33	27,54	29,85
70	7,35	8,94	10,57	12,25	13,97	15,74	17,56	19,43	21,35	23,34	25,38	27,49	29,66	31,90
80	8,30	10,04	11,82	13,62	15,46	17,33	19,23	21,17	23,14	25,14	27,19	29,27	31,39	33,55
90	9,18	11,06	12,96	14,87	16,80	18,74	20,70	22,68	24,67	26,68	28,71	30,75	32,81	34,89
100	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	32,00	34,00	36,00
110	10,76	12,86	14,95	17,02	19,08	21,12	23,15	25,16	27,16	29,14	31,11	33,06	35,00	36,93
120	11,46	13,65	15,82	17,95	20,05	22,12	24,17	26,18	28,17	30,13	32,07	33,97	35,86	37,72
130	12,11	14,38	16,61	18,79	20,93	23,02	25,07	27,09	29,06	31,00	32,90	34,76	36,59	38,39
140	12,71	15,05	17,33	19,55	21,72	23,83	25,89	27,89	29,85	31,76	33,63	35,45	37,23	38,97
150	13,27	15,67	18,00	20,25	22,44	24,56	26,62	28,61	30,55	32,44	34,27	36,05	37,79	39,48
160	13,79	16,24	18,61	20,89	23,09	25,22	27,27	29,26	31,18	33,04	34,84	36,59	38,28	39,92
170	14,27	16,77	19,17	21,48	23,69	25,82	27,87	29,84	31,74	33,58	35,35	37,06	38,71	40,31
180	14,72	17,26	19,69	22,01	24,23	26,36	28,41	30,37	32,25	34,06	35,80	37,48	39,10	40,66
190	15,14	17,72	20,17	22,51	24,74	26,86	28,90	30,85	32,71	34,50	36,21	37,86	39,44	40,97
200	15,53	18,14	20,61	22,96	25,19	27,32	29,35	31,28	33,13	34,89	36,58	38,20	39,75	41,24

Tablo A.2 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks tablosu (Ekorejyon 2)

Yaş (yıl)	Bonitet Endeksleri (m)													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	Üst Boylar (m)													
10	0,64	0,78	0,94	1,11	1,28	1,47	1,67	1,88	2,11	2,35	2,61	2,89	3,20	3,53
20	1,56	1,92	2,30	2,70	3,11	3,56	4,02	4,52	5,04	5,60	6,19	6,83	7,50	8,22
30	2,60	3,19	3,80	4,45	5,12	5,82	6,56	7,34	8,16	9,01	9,92	10,88	11,89	12,96
40	3,69	4,51	5,36	6,25	7,17	8,12	9,12	10,15	11,23	12,36	13,54	14,77	16,06	17,40
50	4,80	5,84	6,92	8,04	9,18	10,37	11,60	12,86	14,17	15,53	16,93	18,38	19,89	21,45
60	5,89	7,16	8,45	9,78	11,14	12,53	13,96	15,43	16,93	18,47	20,06	21,69	23,36	25,08
70	6,97	8,44	9,93	11,45	13,00	14,58	16,19	17,82	19,49	21,19	22,92	24,68	26,48	28,31
80	8,02	9,68	11,36	13,05	14,77	16,51	18,27	20,05	21,85	23,67	25,51	27,38	29,27	31,18
90	9,03	10,87	12,71	14,57	16,44	18,31	20,20	22,10	24,01	25,93	27,87	29,81	31,77	33,73
100	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	32,00	34,00	36,00
110	10,93	13,08	15,22	17,35	19,46	21,57	23,66	25,75	27,82	29,88	31,93	33,97	36,00	38,02
120	11,82	14,11	16,37	18,62	20,83	23,03	25,21	27,36	29,49	31,60	33,69	35,75	37,80	39,83
130	12,66	15,08	17,46	19,81	22,12	24,39	26,63	28,84	31,02	33,17	35,28	37,37	39,42	41,45
140	13,47	16,00	18,49	20,92	23,31	25,65	27,95	30,21	32,42	34,60	36,73	38,83	40,89	42,91
150	14,24	16,88	19,45	21,97	24,43	26,83	29,18	31,47	33,72	35,91	38,06	40,16	42,21	44,22
160	14,96	17,70	20,37	22,96	25,48	27,93	30,32	32,64	34,91	37,12	39,27	41,37	43,42	45,42
170	15,65	18,48	21,22	23,88	26,45	28,95	31,37	33,72	36,01	38,22	40,38	42,48	44,52	46,50
180	16,31	19,22	22,03	24,75	27,37	29,90	32,35	34,72	37,02	39,24	41,40	43,49	45,52	47,49
190	16,94	19,92	22,80	25,56	28,23	30,79	33,27	35,65	37,96	40,19	42,34	44,42	46,44	48,39
200	17,53	20,59	23,52	26,33	29,03	31,63	34,12	36,52	38,83	41,06	43,21	45,28	47,28	49,21

Tablo A.3 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks tablosu (Ekorejyon 3)

Yaş (yıl)	Bonitet Endeksleri (m)													
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	Üst Boylar (m)													
10	0,69	0,86	1,04	1,24	1,45	1,69	1,94	2,22	2,52	2,86	3,23	3,65	4,12	4,66
20	1,69	2,09	2,52	2,98	3,48	4,01	4,59	5,21	5,89	6,63	7,43	8,32	9,30	10,38
30	2,78	3,43	4,12	4,85	5,63	6,46	7,34	8,28	9,29	10,38	11,54	12,81	14,17	15,65
40	3,91	4,80	5,74	6,72	7,76	8,85	10,00	11,21	12,50	13,86	15,30	16,84	18,47	20,21
50	5,03	6,15	7,31	8,53	9,79	11,11	12,49	13,92	15,42	16,99	18,64	20,36	22,17	24,07
60	6,11	7,45	8,82	10,24	11,70	13,21	14,77	16,39	18,05	19,78	21,56	23,41	25,32	27,31
70	7,16	8,69	10,25	11,85	13,48	15,15	16,86	18,61	20,40	22,23	24,11	26,04	28,01	30,04
80	8,16	9,86	11,59	13,34	15,12	16,92	18,75	20,60	22,49	24,40	26,34	28,31	30,31	32,35
90	9,11	10,97	12,84	14,72	16,62	18,53	20,46	22,39	24,34	26,31	28,29	30,28	32,29	34,31
100	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00	32,00	34,00	36,00
110	10,84	12,97	15,08	17,18	19,27	21,34	23,40	25,44	27,48	29,50	31,51	33,50	35,48	37,46
120	11,63	13,87	16,08	18,27	20,43	22,56	24,66	26,74	28,80	30,83	32,84	34,82	36,78	38,72
130	12,38	14,72	17,01	19,27	21,49	23,67	25,81	27,92	29,99	32,02	34,02	35,99	37,92	39,83
140	13,07	15,50	17,88	20,20	22,47	24,69	26,86	28,98	31,06	33,09	35,08	37,03	38,93	40,80
150	13,73	16,24	18,68	21,06	23,37	25,62	27,81	29,94	32,02	34,05	36,02	37,95	39,83	41,66
160	14,34	16,93	19,43	21,85	24,20	26,47	28,68	30,82	32,90	34,92	36,87	38,78	40,63	42,43
170	14,92	17,57	20,12	22,59	24,96	27,26	29,48	31,62	33,69	35,70	37,64	39,52	41,35	43,12
180	15,46	18,17	20,77	23,27	25,67	27,98	30,21	32,35	34,42	36,41	38,34	40,20	41,99	43,73
190	15,97	18,73	21,37	23,90	26,33	28,65	30,88	33,02	35,08	37,06	38,97	40,81	42,58	44,29
200	16,45	19,26	21,94	24,49	26,94	29,27	31,50	33,64	35,69	37,66	39,55	41,36	43,11	44,79

EK B. Kastamonu ve Sinop Yöresi Sarıçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu

Tablo B.1 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerine ilişkin sıklığa bağlı hasılat tablosu (Ekorejyon 1)

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
I.BONİTET (30,5 m)	SD=4	40	17,1	21,8	509	20,2	156,5						156,5		3,9	3,9
		50	20,2	27,0	451	21,8	197,5	58	6,8	6,8	4,8	2,7	204,3	3,3	4,0	4,1
		60	22,5	31,3	416	22,8	232,1	35	5,9	12,7	4,0	1,9	244,8	5,2	3,9	4,1
		70	24,4	35,0	392	23,7	261,2	23	5,1	17,8	3,4	1,4	279,1	6,4	3,7	4,0
		80	26,0	38,1	376	24,3	285,9	17	4,5	22,4	2,9	1,1	308,3	7,3	3,6	3,9
		90	27,3	40,8	363	24,8	307,1	12	4,0	26,4	2,5	0,8	333,4	7,9	3,4	3,7
		100	28,4	43,1	353	25,2	325,3	10	3,5	29,9	2,2	0,7	355,2	8,4	3,3	3,6
		110	29,4	45,2	346	25,6	341,2	8	3,2	33,1	1,9	0,6	374,2	8,8	3,1	3,4
		120	30,2	47,0	339	25,9	355,1	6	2,8	35,9	1,7	0,5	391,0	9,2	3,0	3,3
		130	31,0	48,5	334	26,1	367,4	5	2,6	38,5	1,5	0,4	405,8	9,5	2,8	3,1
		140	31,6	49,9	330	26,4	378,3	4	2,3	40,8	1,3	0,4	419,1	9,7	2,7	3,0
		150	32,2	51,2	326	26,6	388,1	4	2,1	42,9	1,2	0,3	431,0	10,0	2,6	2,9
	SD=8	40	16,2	20,3	981	36,5	280,3						280,3		7,0	7,0
		50	19,4	25,0	817	39,8	363,5	164	16,1	16,1	9,9	3,0	379,6	4,2	7,3	7,6
		60	22,0	29,0	723	42,2	435,1	94	13,4	29,5	8,5	2,1	464,6	6,3	7,3	7,7
		70	24,1	32,3	663	44,0	496,5	60	11,3	40,8	7,3	1,5	537,3	7,6	7,1	7,7
		80	25,9	35,1	621	45,5	549,1	42	9,7	50,5	6,2	1,2	599,6	8,4	6,9	7,5
		90	27,4	37,5	590	46,6	594,5	31	8,4	59,0	5,4	0,9	653,5	9,0	6,6	7,3
		100	28,7	39,6	567	47,6	634,0	23	7,4	66,3	4,7	0,8	700,4	9,5	6,3	7,0
		110	29,9	41,5	548	48,4	668,6	19	6,5	72,9	4,1	0,6	741,5	9,8	6,1	6,7
		120	30,9	43,1	533	49,0	699,1	15	5,8	78,7	3,6	0,5	777,8	10,1	5,8	6,5
		130	31,8	44,5	521	49,6	726,2	12	5,2	83,9	3,2	0,5	810,1	10,4	5,6	6,2
		140	32,6	45,7	511	50,1	750,3	10	4,7	88,6	2,9	0,4	838,9	10,6	5,4	6,0
		150	33,3	46,9	502	50,6	772,0	9	4,3	92,9	2,6	0,3	864,9	10,7	5,1	5,8
	SD=12	40	15,7	19,5	1439	54,4	406,5						406,5		10,2	10,2
		50	19,0	24,0	1156	59,8	536,2	282	25,2	25,2	15,5	3,2	561,5	4,5	10,7	11,2
		60	21,7	27,7	1000	63,8	649,6	157	20,4	45,6	13,4	2,2	695,2	6,6	10,8	11,6
		70	24,0	30,9	901	66,9	747,6	99	16,9	62,5	11,5	1,6	810,2	7,7	10,7	11,6
		80	25,9	33,5	833	69,3	832,4	68	14,3	76,9	9,9	1,2	909,3	8,5	10,4	11,4
		90	27,5	35,8	784	71,3	906,1	49	12,3	89,2	8,6	1,0	995,3	9,0	10,1	11,1
		100	28,9	37,8	747	72,9	970,4	37	10,7	100,0	7,5	0,8	1070,3	9,3	9,7	10,7
		110	30,1	39,5	718	74,2	1026,9	29	9,4	109,4	6,6	0,7	1136,3	9,6	9,3	10,3
		120	31,2	41,0	695	75,4	1076,9	23	8,4	117,8	5,8	0,6	1194,6	9,9	9,0	10,0
		130	32,2	42,3	675	76,4	1121,4	19	7,5	125,2	5,2	0,5	1246,6	10,0	8,6	9,6
		140	33,1	43,5	659	77,2	1161,2	16	6,7	131,9	4,7	0,4	1293,1	10,2	8,3	9,2
		150	33,9	44,5	646	78,0	1197,0	14	6,1	138,0	4,2	0,4	1334,9	10,3	8,0	8,9

Tablo B.1'in devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	%	m^3	%	m^3	m^3
ILBONİTET (23,5 m)	SD=4	40	12,0	19,9	627	19,5	123,6						123,6		3,1	3,1
		50	14,7	24,4	555	20,9	154,4	72	5,4	5,4	3,6	2,6	159,8	3,4	3,1	3,2
		60	16,9	28,2	512	22,0	180,1	43	4,8	10,2	3,0	1,8	190,3	5,4	3,0	3,2
		70	18,7	31,5	483	22,8	201,6	29	4,2	14,4	2,6	1,3	216,0	6,7	2,9	3,1
		80	20,2	34,2	462	23,4	219,7	21	3,7	18,1	2,2	1,0	237,8	7,6	2,7	3,0
		90	21,4	36,5	447	23,8	235,1	15	3,3	21,4	1,9	0,8	256,6	8,3	2,6	2,9
		100	22,5	38,5	435	24,2	248,4	12	2,9	24,4	1,6	0,7	272,8	8,9	2,5	2,7
		110	23,5	40,3	425	24,6	260,0	10	2,6	27,0	1,4	0,6	287,0	9,4	2,4	2,6
		120	24,3	41,8	418	24,9	270,1	8	2,4	29,4	1,2	0,5	299,4	9,8	2,3	2,5
		130	25,0	43,2	411	25,1	279,0	6	2,1	31,5	1,1	0,4	310,5	10,1	2,1	2,4
		140	25,7	44,4	406	25,3	286,9	5	1,9	33,5	1,0	0,3	320,4	10,4	2,0	2,3
		150	26,3	45,5	401	25,5	294,0	5	1,8	35,2	0,9	0,3	329,2	10,7	2,0	2,2
	SD=8	40	11,3	18,6	1207	34,9	215,5						215,5		5,4	5,4
		50	14,2	22,7	1005	38,0	276,2	202	12,9	12,9	7,4	2,9	289,1	4,5	5,5	5,8
		60	16,5	26,2	890	40,3	327,8	115	10,9	23,8	6,3	2,0	351,6	6,8	5,5	5,9
		70	18,5	29,1	816	42,0	371,8	74	9,3	33,1	5,3	1,5	404,8	8,2	5,3	5,8
		80	20,1	31,6	764	43,4	409,3	52	8,0	41,1	4,6	1,2	450,3	9,1	5,1	5,6
		90	21,5	33,7	726	44,4	441,5	38	7,0	48,1	3,9	0,9	489,6	9,8	4,9	5,4
		100	22,8	35,5	697	45,3	469,4	29	6,2	54,3	3,4	0,7	523,7	10,4	4,7	5,2
		110	23,9	37,1	675	46,1	493,8	23	5,5	59,7	3,0	0,6	553,5	10,8	4,5	5,0
		120	24,8	38,5	656	46,7	515,2	18	4,9	64,6	2,6	0,5	579,9	11,1	4,3	4,8
		130	25,7	39,7	641	47,3	534,2	15	4,4	69,0	2,3	0,4	603,2	11,4	4,1	4,6
		140	26,4	40,8	628	47,7	551,2	13	4,0	73,0	2,1	0,4	624,1	11,7	3,9	4,5
		150	27,1	41,8	617	48,2	566,3	11	3,6	76,6	1,9	0,3	642,9	11,9	3,8	4,3
	SD=12	40	11,0	17,9	1770	51,7	307,2						307,2		7,7	7,7
		50	13,9	21,8	1423	56,9	400,1	347	20,3	20,3	11,3	3,1	420,4	4,8	8,0	8,4
		60	16,3	25,1	1230	60,6	480,4	193	16,6	36,9	9,7	2,2	517,2	7,1	8,0	8,6
		70	18,3	27,8	1109	63,5	549,3	122	13,9	50,8	8,3	1,6	600,1	8,5	7,8	8,6
		80	20,1	30,2	1025	65,7	608,5	83	11,9	62,7	7,1	1,2	671,2	9,3	7,6	8,4
		90	21,6	32,1	965	67,6	659,7	60	10,3	72,9	6,1	1,0	732,7	10,0	7,3	8,1
		100	22,9	33,9	919	69,1	704,3	46	9,0	81,9	5,4	0,8	786,2	10,4	7,0	7,9
		110	24,1	35,3	884	70,4	743,4	36	7,9	89,9	4,7	0,6	833,2	10,8	6,8	7,6
		120	25,1	36,6	855	71,4	777,8	29	7,0	96,9	4,2	0,5	874,7	11,1	6,5	7,3
		130	26,0	37,8	831	72,4	808,4	24	6,3	103,2	3,7	0,5	911,6	11,3	6,2	7,0
		140	26,9	38,8	812	73,2	835,8	20	5,7	108,9	3,3	0,4	944,6	11,5	6,0	6,7
		150	27,7	39,7	795	73,9	860,3	17	5,1	114,0	3,0	0,3	974,3	11,7	5,7	6,5

Tablo B.1'in devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
III.BONİTET (16,5 m)	SD=4	40	7,4	17,6	830	18,6	91,4						91,4		2,3	2,3
		50	9,6	21,5	735	19,9	112,6	95	4,0	4,0	2,5	2,4	116,6	3,5	2,3	2,3
		60	11,4	24,7	678	20,9	130,0	57	3,6	7,6	2,1	1,7	137,7	5,5	2,2	2,3
		70	13,0	27,4	640	21,6	144,5	38	3,2	10,9	1,8	1,3	155,4	7,0	2,1	2,2
		80	14,3	29,6	612	22,2	156,7	27	2,9	13,7	1,5	1,0	170,4	8,1	2,0	2,1
		90	15,4	31,6	592	22,6	167,0	20	2,6	16,3	1,3	0,8	183,3	8,9	1,9	2,0
		100	16,4	33,2	576	23,0	175,8	16	2,3	18,6	1,1	0,6	194,5	9,6	1,8	1,9
		110	17,3	34,7	564	23,3	183,5	13	2,1	20,7	1,0	0,5	204,2	10,1	1,7	1,9
		120	18,1	36,0	553	23,6	190,1	10	1,9	22,6	0,9	0,5	212,7	10,6	1,6	1,8
		130	18,8	37,1	545	23,8	196,0	9	1,7	24,3	0,8	0,4	220,3	11,0	1,5	1,7
		140	19,4	38,1	537	24,0	201,2	7	1,6	25,9	0,7	0,3	227,1	11,4	1,4	1,6
		150	19,9	39,0	531	24,2	205,9	6	1,4	27,3	0,6	0,3	233,1	11,7	1,4	1,6
	SD=8	40	7,0	16,5	1599	32,9	153,9						153,9		3,8	3,8
		50	9,2	20,0	1332	35,8	194,2	267	9,6	9,6	5,0	2,8	203,8	4,7	3,9	4,1
		60	11,2	23,0	1179	37,9	228,0	153	8,3	17,9	4,2	2,0	245,9	7,3	3,8	4,1
		70	12,8	25,4	1081	39,4	256,6	98	7,2	25,1	3,6	1,5	281,6	8,9	3,7	4,0
		80	14,3	27,5	1013	40,7	280,7	68	6,3	31,3	3,0	1,1	312,1	10,0	3,5	3,9
		90	15,5	29,2	962	41,7	301,4	50	5,5	36,8	2,6	0,9	338,2	10,9	3,3	3,8
		100	16,6	30,7	924	42,5	319,2	38	4,9	41,7	2,3	0,7	361,0	11,6	3,2	3,6
		110	17,6	32,0	894	43,2	334,8	30	4,3	46,1	2,0	0,6	380,8	12,1	3,0	3,5
		120	18,5	33,2	869	43,8	348,4	24	3,9	50,0	1,8	0,5	398,3	12,5	2,9	3,3
		130	19,2	34,2	849	44,3	360,4	20	3,5	53,5	1,6	0,4	413,9	12,9	2,8	3,2
		140	19,9	35,1	832	44,7	371,1	17	3,2	56,7	1,4	0,4	427,7	13,2	2,7	3,1
		150	20,6	35,9	818	45,1	380,7	14	2,9	59,5	1,2	0,3	440,2	13,5	2,5	2,9
	SD=12	40	6,7	15,9	2346	48,4	214,6						214,6		5,4	5,4
		50	9,0	19,3	1886	53,1	274,8	460	15,2	15,2	7,5	3,0	290,0	5,2	5,5	5,8
		60	11,0	22,0	1630	56,6	326,2	255	12,7	27,9	6,4	2,1	354,1	7,9	5,4	5,9
		70	12,7	24,3	1469	59,2	369,9	161	10,8	38,6	5,4	1,5	408,5	9,5	5,3	5,8
		80	14,2	26,3	1359	61,3	407,2	110	9,3	47,9	4,7	1,2	455,1	10,5	5,1	5,7
		90	15,6	27,9	1279	63,0	439,2	80	8,1	56,0	4,0	0,9	495,2	11,3	4,9	5,5
		100	16,7	29,4	1218	64,4	467,0	61	7,1	63,2	3,5	0,8	530,1	11,9	4,7	5,3
		110	17,8	30,6	1171	65,5	491,2	47	6,3	69,5	3,1	0,6	560,7	12,4	4,5	5,1
		120	18,7	31,7	1133	66,5	512,5	38	5,6	75,1	2,7	0,5	587,6	12,8	4,3	4,9
		130	19,5	32,6	1101	67,4	531,4	31	5,1	80,2	2,4	0,5	611,6	13,1	4,1	4,7
		140	20,3	33,5	1075	68,1	548,2	26	4,6	84,7	2,1	0,4	632,9	13,4	3,9	4,5
		150	21,0	34,2	1053	68,7	563,3	22	4,1	88,9	1,9	0,3	652,2	13,6	3,8	4,3

Tablo B.2 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerine ilişkin sıklığa bağlı hasılat tablosu (Ekorejyon 2)

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
I. BONİTET (30,5 m)	SD=4	40	14,5	20,4	393	19,4	130,2						130,2		3,3	3,3
		50	17,6	25,1	348	21,0	169,9	45	4,1	4,1	4,4	2,9	174,0	2,4	3,4	3,5
		60	20,1	29,0	321	22,1	204,5	27	3,6	7,7	3,8	2,0	212,2	3,6	3,4	3,5
		70	22,2	32,4	302	23,0	234,4	18	3,2	10,9	3,3	1,5	245,3	4,4	3,3	3,5
		80	23,9	35,2	290	23,6	260,3	13	2,8	13,7	2,9	1,2	274,0	5,0	3,3	3,4
		90	25,3	37,6	280	24,2	282,8	10	2,5	16,2	2,5	0,9	299,0	5,4	3,1	3,3
		100	26,6	39,7	272	24,6	302,4	7	2,2	18,4	2,2	0,7	320,8	5,7	3,0	3,2
		110	27,6	41,5	266	25,0	319,7	6	2,0	20,4	1,9	0,6	340,1	6,0	2,9	3,1
		120	28,6	43,1	262	25,3	334,9	5	1,8	22,2	1,7	0,5	357,2	6,2	2,8	3,0
		130	29,4	44,5	258	25,6	348,5	4	1,6	23,8	1,5	0,4	372,4	6,4	2,7	2,9
		140	30,2	45,8	254	25,8	360,7	3	1,5	25,3	1,4	0,4	386,0	6,6	2,6	2,8
		150	30,8	46,9	251	26,0	371,7	3	1,3	26,6	1,2	0,3	398,3	6,7	2,5	2,7
	SD=8	40	13,7	18,4	1078	34,5	230,5						230,5		5,8	5,8
		50	17,0	22,5	898	37,9	310,3	180	13,1	13,1	9,3	3,4	323,4	4,1	6,2	6,5
		60	19,7	25,9	795	40,3	381,8	103	11,0	24,1	8,2	2,3	405,8	5,9	6,4	6,8
		70	21,9	28,8	729	42,2	444,7	66	9,3	33,4	7,2	1,7	478,1	7,0	6,4	6,8
		80	23,8	31,2	683	43,7	499,9	46	8,0	41,4	6,3	1,3	541,3	7,7	6,2	6,8
		90	25,5	33,3	649	44,8	548,4	34	7,0	48,4	5,5	1,1	596,8	8,1	6,1	6,6
		100	26,9	35,1	623	45,8	591,1	26	6,2	54,6	4,9	0,9	645,7	8,5	5,9	6,5
		110	28,1	36,7	603	46,7	629,0	20	5,5	60,0	4,3	0,7	689,0	8,7	5,7	6,3
		120	29,2	38,0	586	47,4	662,7	16	4,9	64,9	3,9	0,6	727,6	8,9	5,5	6,1
		130	30,2	39,2	573	48,0	692,8	14	4,4	69,3	3,5	0,5	762,1	9,1	5,3	5,9
		140	31,0	40,3	561	48,5	719,9	11	3,9	73,2	3,1	0,4	793,1	9,2	5,1	5,7
		150	31,8	41,3	552	49,0	744,4	10	3,6	76,8	2,8	0,4	821,1	9,3	5,0	5,5
	SD=12	40	13,3	17,4	1947	50,8	332,0						332,0		8,3	8,3
		50	16,6	21,2	1565	56,3	456,0	382	24,4	24,4	14,8	3,7	480,4	5,1	9,1	9,6
		60	19,4	24,3	1353	60,4	568,8	212	19,8	44,2	13,3	2,5	613,0	7,2	9,5	10,2
		70	21,8	27,0	1219	63,5	669,4	134	16,5	60,7	11,7	1,9	730,1	8,3	9,6	10,4
		80	23,8	29,2	1128	66,0	758,4	91	14,1	74,8	10,3	1,4	833,2	9,0	9,5	10,4
		90	25,5	31,1	1061	68,0	837,2	66	12,1	86,9	9,1	1,1	924,1	9,4	9,3	10,3
		100	27,0	32,7	1011	69,6	907,0	50	10,6	97,5	8,0	0,9	1004,5	9,7	9,1	10,0
		110	28,4	34,2	972	71,0	969,0	39	9,3	106,8	7,1	0,8	1075,9	9,9	8,8	9,8
		120	29,5	35,4	940	72,2	1024,5	32	8,3	115,1	6,4	0,6	1139,6	10,1	8,5	9,5
		130	30,6	36,5	914	73,2	1074,3	26	7,4	122,4	5,7	0,5	1196,8	10,2	8,3	9,2
		140	31,6	37,5	893	74,1	1119,2	22	6,6	129,1	5,2	0,5	1248,3	10,3	8,0	8,9
		150	32,4	38,4	874	74,9	1159,9	18	6,0	135,1	4,7	0,4	1294,9	10,4	7,7	8,6

Tablo B.2'nin devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
II. BONİTET (23,5 m)	SD=4	40	10,3	18,6	483	18,7	103,7						103,7		2,6	2,6
		50	13,0	22,8	428	20,2	133,7	55	3,3	3,3	3,3	2,8	137,0	2,4	2,7	2,7
		60	15,2	26,2	394	21,3	159,6	33	3,0	6,3	2,9	1,9	165,9	3,8	2,7	2,8
		70	17,1	29,1	372	22,1	181,8	22	2,6	8,9	2,5	1,4	190,7	4,7	2,6	2,7
		80	18,7	31,6	356	22,7	200,9	16	2,3	11,2	2,1	1,1	212,1	5,3	2,5	2,7
		90	20,0	33,7	344	23,2	217,4	12	2,1	13,3	1,9	0,9	230,7	5,8	2,4	2,6
		100	21,2	35,5	335	23,7	231,7	9	1,9	15,2	1,6	0,7	246,9	6,1	2,3	2,5
		110	22,2	37,1	328	24,0	244,3	7	1,7	16,9	1,4	0,6	261,2	6,5	2,2	2,4
		120	23,1	38,5	322	24,3	255,5	6	1,5	18,4	1,3	0,5	273,8	6,7	2,1	2,3
		130	23,9	39,7	317	24,6	265,3	5	1,4	19,7	1,1	0,4	285,1	6,9	2,0	2,2
		140	24,6	40,8	313	24,8	274,2	4	1,2	21,0	1,0	0,4	295,1	7,1	2,0	2,1
		150	25,2	41,8	309	25,0	282,1	4	1,1	22,1	0,9	0,3	304,2	7,3	1,9	2,0
	SD=8	40	9,7	16,9	1327	33,0	178,9						178,9		4,5	4,5
		50	12,5	20,5	1105	36,2	237,5	222	10,6	10,6	6,9	3,2	248,2	4,3	4,8	5,0
		60	14,9	23,5	979	38,5	289,4	127	9,0	19,7	6,1	2,3	309,1	6,4	4,8	5,2
		70	16,9	26,0	897	40,3	334,7	82	7,7	27,4	5,3	1,7	362,1	7,6	4,8	5,2
		80	18,6	28,2	840	41,7	374,2	57	6,7	34,1	4,6	1,3	408,4	8,4	4,7	5,1
		90	20,1	30,0	799	42,8	408,8	42	5,9	40,0	4,0	1,0	448,8	8,9	4,5	5,0
		100	21,4	31,6	767	43,7	439,1	32	5,2	45,2	3,6	0,8	484,3	9,3	4,4	4,8
		110	22,5	32,9	742	44,5	465,8	25	4,6	49,8	3,1	0,7	515,7	9,7	4,2	4,7
		120	23,6	34,1	722	45,1	489,6	20	4,1	53,9	2,8	0,6	543,5	9,9	4,1	4,5
		130	24,5	35,1	705	45,7	510,8	17	3,7	57,7	2,5	0,5	568,5	10,1	3,9	4,4
		140	25,3	36,1	691	46,2	529,8	14	3,4	61,0	2,2	0,4	590,8	10,3	3,8	4,2
		150	26,0	36,9	679	46,6	547,0	12	3,0	64,0	2,0	0,4	611,0	10,5	3,6	4,1
	SD=12	40	9,4	16,0	2396	48,4	253,3						253,3		6,3	6,3
		50	12,3	19,3	1926	53,6	342,8	470	19,9	19,9	10,9	3,6	362,7	5,5	6,9	7,3
		60	14,7	22,1	1665	57,4	423,3	261	16,4	36,2	9,7	2,5	459,5	7,9	7,1	7,7
		70	16,8	24,4	1500	60,3	494,3	164	13,8	50,0	8,5	1,8	544,4	9,2	7,1	7,8
		80	18,6	26,4	1388	62,6	556,8	113	11,8	61,8	7,4	1,4	618,7	10,0	7,0	7,7
		90	20,2	28,1	1306	64,5	611,8	82	10,2	72,1	6,5	1,1	683,9	10,5	6,8	7,6
		100	21,5	29,5	1244	66,0	660,3	62	9,0	81,0	5,7	0,9	741,4	10,9	6,6	7,4
		110	22,8	30,7	1196	67,4	703,4	48	7,9	88,9	5,1	0,7	792,3	11,2	6,4	7,2
		120	23,9	31,8	1157	68,5	741,7	39	7,0	96,0	4,5	0,6	837,7	11,5	6,2	7,0
		130	24,8	32,8	1125	69,4	776,1	32	6,3	102,3	4,1	0,5	878,3	11,6	6,0	6,8
		140	25,7	33,6	1098	70,3	806,9	27	5,7	107,9	3,7	0,5	914,9	11,8	5,8	6,5
		150	26,5	34,4	1076	71,0	834,9	23	5,1	113,1	3,3	0,4	947,9	11,9	5,6	6,3

Tablo B.2'nin devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
III. BONİTET (16,5 m)	SD=4	40	6,4	16,5	640	17,8	77,6						77,6		1,9	1,9
		50	8,6	20,1	567	19,2	98,4	73	2,5	2,5	2,3	2,6	100,9	2,5	2,0	2,0
		60	10,4	23,0	523	20,2	116,1	44	2,3	4,8	2,0	1,8	120,9	4,0	1,9	2,0
		70	12,0	25,4	493	21,0	131,2	29	2,0	6,8	1,7	1,4	138,0	4,9	1,9	2,0
		80	13,4	27,5	472	21,6	144,1	21	1,8	8,7	1,5	1,1	152,7	5,7	1,8	1,9
		90	14,5	29,3	456	22,0	155,1	16	1,6	10,3	1,3	0,8	165,4	6,2	1,7	1,8
		100	15,6	30,8	444	22,4	164,7	12	1,5	11,8	1,1	0,7	176,5	6,7	1,6	1,8
		110	16,5	32,1	435	22,8	173,1	10	1,3	13,1	1,0	0,6	186,2	7,0	1,6	1,7
		120	17,3	33,2	427	23,0	180,5	8	1,2	14,3	0,9	0,5	194,8	7,3	1,5	1,6
		130	18,0	34,2	420	23,3	187,0	7	1,1	15,4	0,8	0,4	202,4	7,6	1,4	1,6
		140	18,6	35,1	414	23,5	192,8	6	1,0	16,4	0,7	0,4	209,3	7,8	1,4	1,5
		150	19,2	36,0	410	23,7	198,1	5	0,9	17,3	0,6	0,3	215,4	8,0	1,3	1,4
	SD=8	40	6,1	15,0	1758	31,2	129,2						129,2		3,2	3,2
		50	8,3	18,1	1465	34,1	168,6	294	8,1	8,1	4,7	3,1	176,7	4,6	3,4	3,5
		60	10,2	20,7	1297	36,2	202,9	168	7,0	15,1	4,1	2,2	218,0	6,9	3,4	3,6
		70	11,9	22,8	1188	37,8	232,5	108	6,1	21,1	3,6	1,6	253,7	8,3	3,3	3,6
		80	13,3	24,6	1113	39,1	258,2	75	5,3	26,5	3,1	1,2	284,6	9,3	3,2	3,6
		90	14,6	26,1	1058	40,2	280,4	55	4,7	31,2	2,7	1,0	311,6	10,0	3,1	3,5
		100	15,7	27,4	1016	41,0	299,9	42	4,2	35,3	2,4	0,8	335,2	10,5	3,0	3,4
		110	16,7	28,6	983	41,7	317,0	33	3,7	39,0	2,1	0,7	356,0	11,0	2,9	3,2
		120	17,6	29,6	956	42,3	332,1	27	3,3	42,4	1,8	0,6	374,5	11,3	2,8	3,1
		130	18,4	30,4	934	42,9	345,6	22	3,0	45,4	1,6	0,5	390,9	11,6	2,7	3,0
		140	19,2	31,2	915	43,3	357,6	19	2,7	48,1	1,5	0,4	405,7	11,9	2,6	2,9
		150	19,8	31,9	900	43,7	368,5	16	2,5	50,6	1,3	0,4	419,1	12,1	2,5	2,8
	SD=12	40	5,9	14,3	3175	45,4	179,1						179,1		4,5	4,5
		50	8,1	17,1	2552	50,1	237,8	623	15,2	15,2	7,4	3,4	253,0	6,0	4,8	5,1
		60	10,1	19,5	2206	53,6	289,7	346	12,7	27,9	6,5	2,4	317,6	8,8	4,8	5,3
		70	11,8	21,5	1988	56,3	335,1	218	10,9	38,8	5,6	1,8	373,9	10,4	4,8	5,3
		80	13,3	23,1	1839	58,4	374,7	149	9,4	48,2	4,9	1,4	422,8	11,4	4,7	5,3
		90	14,6	24,5	1731	60,1	409,2	108	8,2	56,4	4,3	1,1	465,6	12,1	4,5	5,2
		100	15,8	25,7	1649	61,6	439,6	82	7,2	63,6	3,8	0,9	503,2	12,6	4,4	5,0
		110	16,9	26,8	1585	62,8	466,4	64	6,4	70,0	3,3	0,7	536,4	13,0	4,2	4,9
		120	17,8	27,7	1533	63,8	490,2	52	5,7	75,7	3,0	0,6	565,9	13,4	4,1	4,7
		130	18,7	28,5	1491	64,7	511,4	42	5,1	80,8	2,6	0,5	592,3	13,6	3,9	4,6
		140	19,5	29,2	1455	65,4	530,5	35	4,6	85,5	2,4	0,5	616,0	13,9	3,8	4,4
		150	20,2	29,8	1425	66,1	547,7	30	4,2	89,7	2,1	0,4	637,3	14,1	3,7	4,2

Tablo B.3 Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcerelerine ilişkin sıklığa bağlı hasılat tablosu (Ekorejyon 3)

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
I. BONİTET (30,5 m)	SD=4	40	15,8	21,1	514	18,9	133,2						133,2		3,3	3,3
		50	18,9	26,1	455	20,7	175,0	59	6,1	6,1	4,8	3,0	181,1	3,4	3,5	3,6
		60	21,3	30,3	419	22,1	211,6	35	5,3	11,5	4,2	2,1	223,1	5,1	3,5	3,7
		70	23,3	33,8	396	23,1	243,4	24	4,7	16,2	3,6	1,6	259,5	6,2	3,5	3,7
		80	24,9	36,8	379	23,9	271,0	17	4,1	20,3	3,2	1,2	291,3	7,0	3,4	3,6
		90	26,3	39,3	366	24,5	295,0	13	3,7	24,0	2,8	1,0	318,9	7,5	3,3	3,5
		100	27,5	41,6	357	25,1	316,0	10	3,3	27,2	2,4	0,8	343,2	7,9	3,2	3,4
		110	28,5	43,5	349	25,5	334,6	8	2,9	30,1	2,1	0,7	364,7	8,3	3,0	3,3
		120	29,4	45,2	342	25,9	351,0	6	2,6	32,7	1,9	0,6	383,7	8,5	2,9	3,2
		130	30,2	46,7	337	26,2	365,6	5	2,4	35,1	1,7	0,5	400,7	8,8	2,8	3,1
		140	30,9	48,0	333	26,5	378,8	4	2,1	37,2	1,5	0,4	416,0	8,9	2,7	3,0
		150	31,5	49,2	329	26,8	390,6	4	1,9	39,2	1,4	0,4	429,7	9,1	2,6	2,9
	SD=8	40	14,9	19,4	1049	34,4	242,9						242,9		6,1	6,1
		50	18,2	23,9	874	38,4	329,8	175	15,0	15,0	10,2	3,5	344,8	4,3	6,6	6,9
		60	20,8	27,6	773	41,3	408,3	100	12,5	27,5	9,1	2,4	435,7	6,3	6,8	7,3
		70	23,0	30,7	709	43,6	477,8	64	10,6	38,1	8,0	1,8	515,8	7,4	6,8	7,4
		80	24,9	33,3	664	45,4	539,0	45	9,1	47,2	7,0	1,4	586,2	8,0	6,7	7,3
		90	26,4	35,6	631	46,9	592,9	33	7,9	55,1	6,2	1,1	648,0	8,5	6,6	7,2
		100	27,8	37,5	606	48,2	640,6	25	7,0	62,1	5,5	0,9	702,7	8,8	6,4	7,0
		110	29,0	39,2	586	49,2	683,0	20	6,2	68,2	4,8	0,7	751,2	9,1	6,2	6,8
		120	30,0	40,7	570	50,1	720,7	16	5,5	73,7	4,3	0,6	794,4	9,3	6,0	6,6
		130	31,0	42,0	557	50,9	754,6	13	4,9	78,6	3,9	0,5	833,2	9,4	5,8	6,4
		140	31,8	43,2	546	51,5	785,0	11	4,4	83,1	3,5	0,5	868,1	9,6	5,6	6,2
		150	32,6	44,3	537	52,1	812,6	9	4,0	87,1	3,2	0,4	899,7	9,7	5,4	6,0
	SD=12	40	14,5	18,5	1592	51,5	357,0						357,0		8,9	8,9
		50	17,8	22,7	1279	58,2	495,2	312	23,9	23,9	16,2	3,7	519,1	4,6	9,9	10,4
		60	20,6	26,1	1106	63,2	622,2	173	19,3	43,2	14,6	2,6	665,5	6,5	10,4	11,1
		70	22,9	29,0	997	67,1	736,2	109	16,1	59,4	13,0	1,9	795,5	7,5	10,5	11,4
		80	24,8	31,5	922	70,2	837,6	75	13,7	73,1	11,5	1,4	910,6	8,0	10,5	11,4
		90	26,5	33,6	868	72,8	927,6	54	11,8	84,8	10,2	1,1	1012,4	8,4	10,3	11,2
		100	28,0	35,4	827	74,9	1007,6	41	10,3	95,1	9,0	0,9	1102,7	8,6	10,1	11,0
		110	29,3	37,0	794	76,7	1079,0	32	9,0	104,2	8,0	0,8	1183,2	8,8	9,8	10,8
		120	30,4	38,4	769	78,3	1143,0	26	8,0	112,2	7,2	0,6	1255,2	8,9	9,5	10,5
		130	31,4	39,6	747	79,6	1200,5	21	7,2	119,3	6,5	0,6	1319,8	9,0	9,2	10,2
		140	32,3	40,7	730	80,8	1252,4	18	6,4	125,8	5,8	0,5	1378,2	9,1	8,9	9,8
		150	33,2	41,6	715	81,8	1299,5	15	5,8	131,6	5,3	0,4	1431,1	9,2	8,7	9,5

Tablo B.3'ün devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
II. BONİTET (23,5 m)	SD=4	40	11,1	19,3	632	18,3	106,1						106,1		2,7	2,7
		50	13,8	23,7	560	20,0	137,5	73	4,9	4,9	3,6	2,9	142,5	3,5	2,8	2,8
		60	16,0	27,3	516	21,2	164,9	44	4,4	9,3	3,2	2,1	174,1	5,3	2,7	2,9
		70	17,9	30,4	487	22,2	188,4	29	3,8	13,1	2,7	1,5	201,5	6,5	2,7	2,9
		80	19,4	33,0	466	23,0	208,7	21	3,4	16,5	2,4	1,2	225,2	7,3	2,6	2,8
		90	20,7	35,2	451	23,6	226,3	16	3,0	19,6	2,1	0,9	245,9	8,0	2,5	2,7
		100	21,8	37,2	439	24,1	241,7	12	2,7	22,3	1,8	0,8	264,0	8,4	2,4	2,6
		110	22,8	38,8	429	24,5	255,2	10	2,4	24,7	1,6	0,6	279,9	8,8	2,3	2,5
		120	23,7	40,3	421	24,9	267,1	8	2,2	26,9	1,4	0,5	294,0	9,1	2,2	2,5
		130	24,5	41,6	415	25,2	277,7	7	2,0	28,9	1,3	0,5	306,6	9,4	2,1	2,4
		140	25,1	42,8	409	25,4	287,2	6	1,8	30,7	1,1	0,4	317,9	9,7	2,1	2,3
		150	25,8	43,8	405	25,7	295,8	5	1,6	32,3	1,0	0,3	328,1	9,9	2,0	2,2
	SD=8	40	10,5	17,8	1291	32,9	188,1						188,1		4,7	4,7
		50	13,3	21,7	1075	36,7	251,8	216	12,1	12,1	7,6	3,4	263,8	4,6	5,0	5,3
		60	15,7	25,0	952	39,5	308,5	123	10,2	22,3	6,7	2,3	330,8	6,7	5,1	5,5
		70	17,7	27,7	872	41,6	358,4	79	8,7	31,0	5,9	1,7	389,4	8,0	5,1	5,6
		80	19,4	30,0	817	43,3	402,1	55	7,6	38,6	5,1	1,3	440,7	8,8	5,0	5,5
		90	20,8	32,0	777	44,7	440,3	40	6,6	45,2	4,5	1,1	485,6	9,3	4,9	5,4
		100	22,1	33,7	746	45,9	474,1	31	5,8	51,1	4,0	0,9	525,1	9,7	4,7	5,3
		110	23,2	35,1	721	46,9	503,9	24	5,2	56,3	3,5	0,7	560,1	10,0	4,6	5,1
		120	24,2	36,4	702	47,7	530,4	20	4,6	60,9	3,1	0,6	591,3	10,3	4,4	4,9
		130	25,1	37,6	686	48,4	554,1	16	4,2	65,1	2,8	0,5	619,2	10,5	4,3	4,8
		140	25,9	38,6	672	49,1	575,4	14	3,8	68,8	2,5	0,4	644,2	10,7	4,1	4,6
		150	26,6	39,5	660	49,6	594,7	12	3,4	72,2	2,3	0,4	666,9	10,8	4,0	4,4
	SD=12	40	10,2	17,0	1959	49,1	271,5						271,5		6,8	6,8
		50	13,0	20,7	1574	55,3	370,9	384	19,3	19,3	11,9	3,6	390,2	5,0	7,4	7,8
		60	15,5	23,7	1361	60,0	461,1	213	15,9	35,2	10,6	2,5	496,2	7,1	7,7	8,3
		70	17,6	26,2	1227	63,7	541,2	134	13,3	48,5	9,4	1,8	589,8	8,2	7,7	8,4
		80	19,3	28,4	1135	66,6	612,1	92	11,4	59,9	8,2	1,4	672,0	8,9	7,7	8,4
		90	20,9	30,2	1068	69,0	674,6	67	9,9	69,8	7,2	1,1	744,5	9,4	7,5	8,3
		100	22,2	31,8	1017	71,0	730,0	51	8,6	78,5	6,4	0,9	808,5	9,7	7,3	8,1
		110	23,4	33,2	978	72,7	779,3	40	7,6	86,1	5,7	0,7	865,4	9,9	7,1	7,9
		120	24,5	34,4	946	74,2	823,3	32	6,8	92,9	5,1	0,6	916,2	10,1	6,9	7,6
		130	25,4	35,4	920	75,4	862,7	26	6,1	99,0	4,6	0,5	961,7	10,3	6,6	7,4
		140	26,3	36,4	898	76,5	898,3	22	5,5	104,4	4,1	0,5	1002,7	10,4	6,4	7,2
		150	27,1	37,2	879	77,5	930,5	18	4,9	109,4	3,7	0,4	1039,8	10,5	6,2	6,9

Tablo B.3'ün devamı

		Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım	
			Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat	Kalan Meşcere	Genel Meşcere
			m	*cm*	*adet*	m^2	m^3	*adet*	m^3	m^3	m^3	*%*	m^3	*%*	m^3	m^3
III. BONİTET (16,5 m)	SD=4	40	6,9	17,1	838	17,4	79,2						79,2		2,0	2,0
		50	9,1	20,8	742	19,0	101,0	96	3,7	3,7	2,6	2,8	104,7	3,5	2,0	2,1
		60	10,9	23,9	684	20,2	119,7	58	3,3	7,0	2,2	2,0	126,7	5,5	2,0	2,1
		70	12,5	26,5	645	21,1	135,7	39	3,0	10,0	1,9	1,5	145,6	6,8	1,9	2,1
		80	13,8	28,7	618	21,8	149,3	27	2,7	12,6	1,6	1,1	162,0	7,8	1,9	2,0
		90	15,0	30,5	597	22,3	161,1	21	2,4	15,0	1,4	0,9	176,1	8,5	1,8	2,0
		100	16,0	32,1	581	22,8	171,4	16	2,1	17,2	1,2	0,7	188,5	9,1	1,7	1,9
		110	16,9	33,5	569	23,2	180,3	13	1,9	19,1	1,1	0,6	199,4	9,6	1,6	1,8
		120	17,7	34,7	558	23,6	188,2	10	1,7	20,8	1,0	0,5	209,0	10,0	1,6	1,7
		130	18,4	35,8	550	23,8	195,2	9	1,6	22,4	0,9	0,4	217,6	10,3	1,5	1,7
		140	19,0	36,7	542	24,1	201,4	7	1,4	23,9	0,8	0,4	225,3	10,6	1,4	1,6
		150	19,6	37,6	536	24,3	207,0	6	1,3	25,2	0,7	0,3	232,2	10,8	1,4	1,5
	SD=8	40	6,5	15,8	1710	31,1	135,4						135,4		3,4	3,4
		50	8,7	19,2	1424	34,5	178,0	286	9,1	9,1	5,2	3,2	187,1	4,9	3,6	3,7
		60	10,7	21,9	1261	37,1	215,4	163	7,8	16,9	4,5	2,3	232,4	7,3	3,6	3,9
		70	12,3	24,2	1156	39,1	247,9	105	6,8	23,7	3,9	1,7	271,6	8,7	3,5	3,9
		80	13,8	26,1	1083	40,7	276,1	73	5,9	29,7	3,4	1,3	305,8	9,7	3,5	3,8
		90	15,1	27,8	1029	42,0	300,7	54	5,2	34,9	3,0	1,0	335,6	10,4	3,3	3,7
		100	16,2	29,2	988	43,0	322,2	41	4,6	39,6	2,6	0,8	361,8	10,9	3,2	3,6
		110	17,2	30,4	956	43,9	341,2	32	4,1	43,7	2,3	0,7	384,9	11,4	3,1	3,5
		120	18,0	31,5	930	44,7	358,0	26	3,7	47,4	2,1	0,6	405,4	11,7	3,0	3,4
		130	18,8	32,5	908	45,4	373,0	22	3,4	50,8	1,8	0,5	423,7	12,0	2,9	3,3
		140	19,6	33,3	890	46,0	386,4	18	3,0	53,8	1,6	0,4	440,2	12,2	2,8	3,1
		150	20,2	34,0	875	46,5	398,5	15	2,8	56,6	1,5	0,4	455,1	12,4	2,7	3,0
	SD=12	40	6,3	15,1	2595	46,0	191,1						191,1		4,8	4,8
		50	8,5	18,3	2086	51,7	256,0	509	14,6	14,6	8,0	3,4	270,6	5,4	5,1	5,4
		60	10,5	20,9	1804	56,0	313,9	283	12,2	26,8	7,0	2,4	340,7	7,9	5,2	5,7
		70	12,3	23,0	1625	59,4	364,8	178	10,4	37,2	6,1	1,8	402,1	9,3	5,2	5,7
		80	13,8	24,8	1503	62,1	409,4	122	9,0	46,2	5,4	1,4	455,6	10,1	5,1	5,7
		90	15,1	26,3	1415	64,3	448,5	88	7,8	54,1	4,7	1,1	502,6	10,8	5,0	5,6
		100	16,3	27,7	1348	66,1	482,9	67	6,9	61,0	4,1	0,9	543,9	11,2	4,8	5,4
		110	17,3	28,8	1295	67,7	513,4	52	6,1	67,1	3,7	0,7	580,6	11,6	4,7	5,3
		120	18,3	29,8	1253	69,0	540,5	42	5,5	72,6	3,3	0,6	613,1	11,8	4,5	5,1
		130	19,1	30,7	1219	70,1	564,8	35	4,9	77,5	2,9	0,5	642,3	12,1	4,3	4,9
		140	19,9	31,5	1190	71,1	586,6	29	4,4	81,9	2,6	0,5	668,5	12,3	4,2	4,8
		150	20,6	32,2	1165	72,0	606,2	24	4,0	86,0	2,4	0,4	692,2	12,4	4,0	4,6