

T.C.
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SARIKAYA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ SINIRLARI İÇERİSİNDE YAYILIŞ
GÖSTEREN KARAÇAM [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.)
Holmboe] İÇİN BONİTET ENDEKS MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Uğur AKBAŞ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2017

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Uğur AKBAŞ tarafından hazırlanan “Sarıkaya Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde Yayılış Gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] İçin Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Muammer ŞENYURT

Jüri Üyeleri:

Başkan:

Üye:

Üye:

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç. Dr. Tamer KEÇELİ

Enstitü Müdürü V.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SARIKAYA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ SINIRLARI İÇERİSİNDE YAYILIŞ
GÖSTEREN KARAÇAM [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe]
İÇİN BONİTET ENDEKS MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Uğur AKBAŞ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Muammer ŞENYURT

Bu çalışmada, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü Sarıkaya Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisinde yayılış gösteren Karaçam [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] meşcereleri için dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Çalışma alanından alınan 153 adet örnek ağaçta yapılan gövde analizi verileri kullanılarak Chapman-Richards, Lundqvist, Hossfeld, Schumacher ve Weibull temel büyüme fonksiyonlarının Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı ile elde edilmiş dinamik bonitet endeks modellerinin parametreleri, Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ile tahmin edilmiş ve tahmin başarıları çeşitli istatistiksel ölçütler ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan bu karşılaştırma ile Chapman-Richards modeline dayanan Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı bonitet endeks modeli (M3) en başarılı model olarak belirlenmiştir. Chapman-Richards'ın esas Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı bonitet endeks modeli, M3; yaş-boy ilişkilerinin modellenmesinde %89.03'lük açıklayıcılıkla elde edilmiştir. Bu modele ilişkin Hata Kareler Ortalaması değeri; 1.7633 ve Hata Kareler Ortalamasının Karekökü değeri ise; 1.3279 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı modeli ile polimorfizm, çoklu asimptot, standart yaşa bağlı değişmezlik gibi çeşitli yetiştirme ortamı verim gücü konusundaki büyüme kanuniyetlerine uygun sonuçlar elde edilmiştir.

2017, 38 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Bonitet endeks modelleri, genelleştirilmiş cebirsel fark yaklaşımı, cebirsel fark yaklaşımı, GCFY, CFY, doğrusal olmayan regresyon analizi, polimorfizm

ABSTRACT

MSc. Thesis

DEVELOPING DYNAMIC SITE INDEX MODELS FOR BLACK PINE [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] STANDS IN SARIKAYA FOREST ENTERPRISE

Uğur AKBAŞ

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Muammer ŞENYURT

This study develops a dynamic bonitet index models for the Black pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] which has been planted down in Cankırı Forest Enterprise Sarıkaya Forest Unit Directorate. Chapman-Richards, Lundqvist, Hossfeld, Schumacher and Weibull evaluated about 153 sample trees which have been recruited from the study area by GCFY were estimated by dynamic bonitet index model and nonlinear regression and the estimated results were compared with different successful statistic tests.

The compared values which are relied on the Chapman Richard models and algebraic difference approach site index models are the most successful models. The Chapman-Richards' algebraic difference approach site index model M3 is the most valuable model %89.03 in modelling theage/height relationships which also has been clarified as the most successful model. The error squares average value of this model is 1.7633 and the Square root of the average of error squares value is 1.3279 the algebraic difference approach developed model, polymorphysm and multiple asymptote are not changed with the age where the growth rules were resulted in a compatible manner.

2017, 38pages

KEYWORDS: Site index models, generalized algebraic difference approach, algebraic difference approach, GADA, ADA, nonlinear regression analysis, polymorphysm.

TEŞEKKÜR

“Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi” isimli bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

İlk olarak, tez konusu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici yaklaşımıyla çalışmalarına katkı sağlayan ve her türlü yardımı esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Muammer ŞENYURT’a teşekkürü borç bilirim.

Çalışma konumuyla ilgili bilgi paylaşarak, analizler aşamasında çalışmama yardımcı olan hocam Sayın Doç. Dr. İlker ERCANLI ve Yrd. Doç. Dr. Emrah ÖZDEMİR’e katkılarından dolayı minnettarım.

Tez çalışması süresince Orman Muhafaza Memuru olan kıymetli babam Hüseyin AKBAŞ’a, arazi çalışmaları aşamasında her türlü imkânı sağlayarak yardımlarını esirgemeyen Çankırı Orman İşletme Müdürü Sayın Raif ÇOPUR ile Sarıkaya Orman İşletme Şefi Taner ÖYE beyefendiye ve arazi çalışmalarını beraber yürüttüğümüz değerli arkadaşım Orman Mühendisi Güven ASLAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ülkemiz ormancılığına ve diğer araştırmacılara faydalı olmasını temenni ederim.

Uğur AKBAŞ
Çankırı, Mart 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1.GİRİŞ	1
2.MATERYAL VE METOD.....	7
2.1Materyal.....	7
2.2Metod.....	10
3.BULGULAR	17
4.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	23
KAYNAKLAR	26
EKLER.....	30
ÖZGEÇMİŞ.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADA	Algebraic Difference Approach
B	Batı
BE	Bonitet Endeksi
CFY	Cebirsel Fark Yaklaşımı
Cm	Santimetre
D	Doğu
DW	Durbin Watson Test İstatistiği
G	Güney
GADA	Generalized Algebraic Difference Approach
GB	Güney batı
GCFY	Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı
GD	Güney Doğu
h	Boy
h ₀	Üst Boy
HKO	Hata Kareler Ortalaması
HKOK	Hata Kareler Ortalamasının Karekökü
HKT	Hata Kareler Toplamı
K	Kuzey
KB	Kuzey batı
KD	Kuzey doğu
m	Metre
n	Veri Sayısı
R ²	Belirtme Katsayısı
R ² _{düz}	Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı
t	Yaş
t ₀	Standart Yaş
vd.	Ve diğerleri
ns	Anlamsız Parametre.
%	Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kullanılan verilere ilişkin yaş-boy eğrileri	8
Şekil 2.2 Çalışmanın gerçekleştirildiği Sarıkaya Orman İşletme Şefliği konumu	9
Şekil 3.1 Geliştirilen dinamik bonitet endeks modeline ilişkin 180 yıllık gelişimi gösterir şekil	19
Şekil 3.2 Geliştirilen dinamik bonitet endeks modeline ilişkin 250 yıllık gelişimi gösterir şekil	20
Şekil 3.3 Genel ortalama boy artımının bonitetlere göre değişimini, maksimum olma yaşı ve değerleri ile birlikte gösterir şekil	20
Şekil 3.4 Gözlem-tahmin, boy değerleri ilişkisi (Chapman-Richards'ın denklemi).....	21
Şekil 3.5 Model tahminlerine göre hatalarının değişimi (Chapman-Richards'ın denklemi).....	21
Şekil 3.6 Kalıpsız (1963) bonitet eğrileri ile GCFY bonitet endeks modellerine ilişkin eğrilerin karşılaştırılması.....	22

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.2 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler	8
Çizelge 2.3 Ağaçların Yaş-Üst boy ilişkisini modellemek üzere kullanılan GCFY denklemleri.....	16
Çizelge 3.1 Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi elde edilmiş dinamik bonitet endeks denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	18

1. GİRİŞ

Ormanlar süreklilik arz eden varlıklardır. Sürekli yenilenme ihtiyacı hissederek devamlılığı sağlamaktadırlar. İnsanoğlu elindeki imkanlardan faydalanarak yeni yerler keşfetmeye, hayatlarını devam ettirecek yeni buluşlar yapmaya ve onları kullanmaya meyilli olarak yaratılmıştır. Ormanlar insanoğlunun en fazla yararlandığı kaynaktır. Önceleri bu faydalanma durumu doğaya çok fazla olumsuz etki etmezken artan nüfus ve insan ihtiyaçları neticesinde doğanın dengesini bozacak durumlar ortaya çıkmıştır.

Meydana gelen doğa olaylarının (sel, heyelan, çığ vb.) yanı sıra kaliteli hava ve temiz su gibi ihtiyaçların da ortaya çıkması, insanların doğal dengenin bozulduğunu fark etmesine ve sürekliliği sağlamak için bir çalışma yapılması gerektiği kanaatine varmalarına neden olmuştur. Bunun neticesinde tabii kaynaklardan en yüksek şekilde yararlanmak ve bu kaynaklardan faydalanmanın devamlılığını sağlamak amacıyla çalışma başlatmışlardır (Çepel 1984).

Bu sürekliliği sağlamak üzere bilinçsiz ve hiç tükenmeyecekmişçesine faydalanılan ormanların aslında iyi bir planlamaya ihtiyacı vardır. Sektör olarak çok geniş alanda kullanılan ve sürekli ihtiyaç duyulan hammaddeye sahip olan ormanların bu özelliğinden dolayı planlı olarak işletilebilmesi hayati bir önem taşımaktadır (Eraslan ve Şad 1993).

Orman ekosistemindeki canlı varlıkların zamanla artışı ve değişimi, ormandaki üretimi, dolaylı olarak iklim faktörlerini, topoğrafik yapısını ve orman toprağının verim gücünü gösterir. Bu verim gücü geniş bir yelpaze içerisinde azalıp artmaktadır. Ormanların bu şekil gelişimi ve üretim kapasitesi ile ilgili bilgi sahibi olabilmek için, ormanların yapısını ve bu yapısına etki eden unsurları iyi bir şekilde bilmek ve bunları ayrıntılı bir biçimde analiz etmek gerekir (Kalıpsız 1998).

Ormanların verim gücünün tahmin edilmesi, iyi bir orman planlaması ve ormanların

ekolojik isteklerinin bilinerek uygun müdahalelerde bulunularak sürekliliğin sağlanması açısından önemlidir. Yetiştirme ortamı verimliliği; ışık, sıcaklık, nem, bitki besin maddeleri ve birçok toprak özelliklerinden etkilenmektedir (Wang ve Klinka 1996).

Yetiştirme ortamı verim güçleri farklılıkları; Silvikültür, Orman Amenajmanı, Üretim ve Pazarlama, Koruma vb. ormancılık alanlarını önemli derecede etkilemektedir. Yetiştirme ortamı doğa tarafından belirlenen ve iyileştirilmesi sınırlı olan bir faktör oluşu nedeniyle özel öneme sahiptir (Akalp 1978).

Ülkemizde amenajman planları hazırlanırken; planlama birimi içerisindeki meşcerelerin bonitet değerlerinin belirlenmesi ilgili planlama birimlerinin bonitet haritalarının hazırlanması, planlama birimlerinin ortalama verim gücünün belirlenmesi ve optimal kuruluşlarının hesaplanması, fonksiyonların belirlenmesi, meşcerelere yapılacak müdahalelerin şiddetinin kararlaştırılması, karar etalarının belirlenmesi gibi birçok aşamada bonitet değerleri kullanılmaktadır. Planlamanın hesap ve karar aşamalarında önemli görev üstlenen bu değerlerin doğru ve hassas bir şekilde hesaplanması çok önemlidir (Eraslan ve Şad 1993).

Bonitet gücünün yüksek olduğu yerlerde, meşcere boy gelişimi de iyi olmaktadır. Bu nedendir ki, yetiştirme ortamı verim gücü tahminleri genellikle meşcere boyuna dayanarak yapılmaktadır. Meşcere orta boyunun meşcereye yapılan silvikültürel müdahalelerden etkilenmesinden dolayı, verim gücü çalışmalarında sıklıktan en az etkilendiği varsayılan meşcere üst boyu kullanılmaktadır (Clutter ve Belcher 1983).

Ağaçların büyüme ve çap artımını etkileyen temel büyüme prensiplerinden en önemlisi; yetiştirme ortamı verim gücü başka bir ifadeyle de bonitettir (Carmean 1972; Günel 1982).

Ormanlar uygun ve dozunda müdahaleler neticesinde kendini yenileyebilen varlıklardır. Bu bakımdan, orman mühendisliğinin temel görevlerinden birisi de ormanlara müdahale ederken ormandan hangi yaşta ne kadar hasılat alınacağına tespit edilmesi ve müdahale

şiddetinin ne düzeyde olması gerektiğini bilmesi, ormanlarımızın bonitetinin belirlenmesi ve ormanlarımızı verim güçlerine göre sınıflandırmasıdır (Clutter et al. 1983; Kalıpsız 1998).

Bir ormanın yetişme ortamı verim gücünün tahmin edilebilmesi için verim gücü değeri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiden faydalanılması gerekmektedir. Meşcere parametreleri arasında komşuluk ilişkilerinden en az etkileneni boy değeridir. Bunun nedeni ise ağaçların komşularıyla rekabet esnasında galip gelmek ve ışığa ulaşabilmek, enerjilerini boy gelişimine vermektir. Meşcere boyu olarak meşceredeki ağaçların boyunu temsil eden meşcere orta boyu veya meşceredeki galip ağaçların boylarını temsil eden meşcere üst boyu verileri kullanılmaktadır. Meşceredeki galip ve müşterek galip ağaçlar, silvikültürel müdahalelerin şiddetinden, meşcere sıklık durumundan ve komşuluk ilişkilerinden daha az etkilendikleri için, meşcere orta boyu yerine meşcere üst boyu tercih edilmektedir. Standart yaştaki meşcere üst boyu, o meşcerenin “Bonitet Endeksi (BE)” olarak tanımlanmaktadır. Bonitet endeks değeri ve eşit boy aralıkları ile o meşcerenin bonitet sınıfları belirlenmektedir. Oluşturulan bonitet sınıfları, ilgili ağaç türünün o yöredeki yetişme ortamı verim gücünü yansıtan bir göstergedir (Kalıpsız 1998).

Orman amenajman planlarının düzenlenmesinde çeşitli bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgiler ilgili kurum, kuruluş ve kişilerin araştırmaları neticesinde ortaya çıkmaktadır. Bu tür araştırmaların basımı ve dağıtımı Orman Genel Müdürlüğü, fakülteler ve araştırma müdürlüklerince yapılmaktadır.

Ülkemizde bir takım ağaç türleri için yapılan hasılat araştırmaları yapılmıştır. İlk hasılat araştırması, Eraslan (1954) tarafından Trakya yöresi Demirköy Meşe Ormanları için yapılmıştır. Aynı yaşlı meşcerelerde, Kızılcım; Alemdağ (1962) ve Erkan (1995), Sedir; Evcimen (1963), Karaçam; Kalıpsız (1963), Sarıçam; Alemdağ (1967), Doğu Ladini; Akalp (1978), Kazdağı Göknarı; Asan (1984), Boylu Ardıç; Eler (1986), Kızılağaç; Batu ve Kapucu (1995), Kayın; Carus (1998) ve Dişbudak; Kapucu vd. (1999) ağaç türleri için normal hasılat tabloları düzenlemişlerdir. Ayrıca Sarıkamış yöresi Sarıçam meşcereleri için Erdemir (1974) tarafından bir yöresel hasılat tablosu düzenlenmiştir ve

Kastamonu-Taşköprü’de Karaçam Yavuz (1995 ve 1999) ve Sarıçam Yavuz (1995) meşcerelerinde hacim tabloları düzenlenmiştir.

Sıklığa bağlı hasılat araştırmaları ise Kızılçam Yeşil (1992) ve Kestane Kapucu vd. (2002) türleri için yapılmıştır. KTÜ Araştırma Ormanı Doğu Ladini Köse vd.(2001) ve Artvin Merkez İşletme Şefliği Ercanlı (2003) ağaç türleri için yapılmıştır. Değişik yaşlı meşcerelerin artım ve büyüme ilişkilerini inceleyen araştırmalar ise; Gökmar Eraslan vd. (1984), Batı Karadeniz Gökmarı Saraçoğlu (1988) ve Doğu Kayını’dır. Kalıpsız (1962), Atıcı (1998). Yapay Meşcereler için Sahilçamı (Birler ve Yüksel 1983), Karakavak Birler vd. (1983), Okaliptüs Birler vd. (1995), Radiata Çamı Birler (1984), Dişbudak Kapucu vd. (1999), Sahilçamı Özcan (2002), Karaçam Mısır (2003), Sahil Çamı Özdemir (2005) ve Titrek Kavak Yavuz vd. (2006) ağaç türlerinde çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde Bonitet Endeks Tabloları genellikle anamorfik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca Doğu Ladini Akalp (1978), Melez Kavağı Birler (1983), Okaliptüs Birler vd. (1995) ve Sahil Çamı Özcan (2002) ağaç türleri için ise polimorfik yöntem ile bonitet endeks tabloları oluşturulmuştur.

Bonitet, ormancılık tarihinde yaklaşık 100-120 yıldan beri birçok araştırmaya konu olmuş bir özelliktir. Bu konuyla ilgili yapılan ilk çalışmalarda, orta boy kullanılmış ve orta boyu temel alan verim gücü sınıflamasına ilişkin yasa Eichorn yasası olarak da adlandırılmıştır (Kalıpsız 1998).

Yetiştirme ortamı verim gücünü belirlemeye dair ilk yıllarda yapılan çalışmalar, orta boy kullanımını tercih etmesine karşın, meşcereye yapılan müdahaleler sırasında kısa boylu, altta kalmış, ezilmiş ve kırbaçlayıcı diye tabir edilen ağaçların çıkarılması sonucu orta boyun matematiksel olarak arttığı görülmüştür (Kalıpsız 1984).

Meşcerelerdeki hacim ve hacim elemanlarını yetiştirme ortamı verimliliği ile ilişkiye getirebilmek için, bonitet derecelerini veya endekslerini bilmek gerekmektedir (Fırat 1972, Saraçoğlu 1988). Bu kapsamda, hektarda 100 Ağaç Yöntemi ile örnek alana düşen ağaç sayısı kadar en boylu üst tabakadaki ağaçların boy ortalaması (Hart’a göre) veya en kalın çaplı ağaçların meşcere orta çapına karşılık gelen boy değeri (Hummel’e

göre) olarak hesaplanan üst boy, yetiştirme ortamı verim gücünün göstergesi olarak kabul görmüş ve günümüzde bonitet göstergesi olarak kullanımı devam etmektedir (Kalıpsız 1984).

Standart yaştaki üst boy değeri olarak tanımlanan ve yetiştirme ortamı verim gücünün göstergesi olarak kullanılan “bonitet endeksi”, ormanın verimliliğini değerlendirebilmek için oldukça yaygın kullanılan değişkendir Clutter ve Belcher (1983); Carmean ve Lenthall (1989), Payandeh ve Wang (1994). Bunun yanında, meşçere büyüme modellerinde ormanın verimlilik derecesinin tahmin edilebilmesi için de bonitet endeksi oldukça yaygın kullanılmaktadır (Gadow ve Hui 1999, Seki 2015).

Bonitet endeks tablolarının oluşturulmasında, özellikle bonitet endeks eğrilerinin çeşitli büyüme kanuniyetlerine yönelik özellikleri karşılaması beklenmektedir (Cieszewski 1999). Cieszewski (2002, 2003 ve 2004) tarafından; söz konusu büyüme kanuniyetleri; (i) Polimorfizm, (ii) Çoklu asimptot (Multiple Asmyptot), (iii) Boy artımının maximuma ulaşma süresine ilişkin özellik ve (iv) Standart yaş değişmezliği (base-age invariance) olarak tanımlanmaktadır (Bailey and Clutter 1974, Cieszewski C.J. 1999).

Klasik yöntemler ile geliştirilen bonitet endeks modelleri belli başlı bir standart yaşa bağılıdır. Klasik yöntemlerin standart yaş bakımından bu bağımlılığı, “standart yaş değişkenliği, BASE AGE VARIANCE” olarak adlandırılmaktadır (Cieszewski 1999).

Klasik yöntemlerin ilk olarak standart yaş değişmezliği olmak üzere diğer tüm kanuniyetleri karşılamadaki olumsuz sonuçları bir çözüm olarak, Cebirsel fark Yaklaşımı (Algebraic Difference Approach, ADA) (CFY), 1974 yılında Bailey ve Clutter tarafından çalışılmıştır. Bailey ve Clutter (1974) çalışması ile bir standart yaş seçimi yerine standart yaşı temsil eden ağacın herhangi bir yaş değeri ve bu yaştaki boyu (örneğin toplam en son yaşı ve bu yaştaki boyu) olmak üzere iki değişkenin bonitet endeks modellerinde yer almakta ve böylece aynı bonitet endeks modeli ile farklı standart yaşlar için bonitet endeks tahminleri elde edilebilmektedir (Cieszewski1999; Cieszewski at al. 2007, Ercanlı 2010). Sonraki yıllarda, Cieszewski

ve Bailey (2000) CFY geliştirmiş ve daha ileri bir uygulaması olan Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı (Generalized Algebraic Difference Approach, GADA) (GCFY) geliştirmişlerdir.

CFY ve GCFY, standart yaş değişkenliği problemine bir cözüm olarak geliştirilmesinin yanı sıra diğer biyolojik kanuniyetleri sağlamada da yeterince başarılı calışmalardır. Bu bakımdan, karmaşık bir modelleme yapısına sahip CFY-GCFY dözünümlü bonitet endeks modelleri, belirli standart yaşa bağımlı olmayan, özellikle cöklu asimptot, polimorfizm ve boy artımının maksimum olması kanuniyetlerini sağlamada cök başarılı modellerdir.

Ülkemizde, CFY ve GCFY ile ilgili calışmalar olarak; Ercanlı (2010), Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) link) - Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerine ilişkin yetişme ortamı verim gücü tahmininde CFY'yi kullanmıştır. Yavuz vd. (2010), saf ve karışık sarıçam meşcereleri için yetişme ortamı verim gücü tahmininin elde edilmesinde ve büyüme modellerinin geliştirilmesinde GCFY ile elde edilmiş dinamik modellerikullanmıştır. Kahriman (2011), Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer alan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerine ilişkin yetişme ortamı verim gücünün modellenmesinde GCFY ile üretilmiş denklemleri kullanmıştır. Seki (2015), Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü karaçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks modellerini geliştirmiştir. şahin (2015), Mersin yöresi kızılçam meşcereleri için yetişme ortamı verim gücü tahminini GCFY ile üretilmiş bonitet endeks modelleriyle elde etmiştir. Bu calışmada; Cankırı'da önemli ölçüde geniş bir yayılış alanına sahip olan asli ağaç türlerimizden Karaçam türünün Sarıkaya Orman İşletme şefliği'nde yer alan aynı yaşlı saf karaçam meşcereleri için GCFY ile üretilen dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

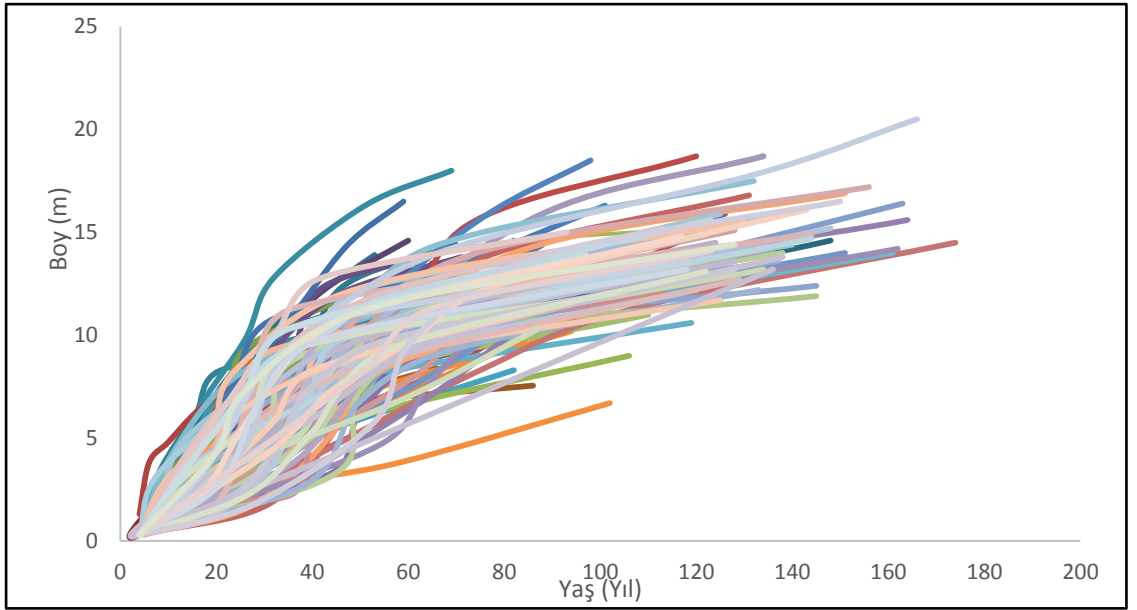
Çalışmada kullanılan veriler; Ankara Orman Bölge Müdürlüğü bünyesindeki Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü Sarıkaya Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan saf Karaçam meşcerelerinden elde edilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği Sarıkaya Orman İşletme Şefliği, toplam 57,302 hektar büyüğünde olup, bu alanın 10,993 hektarlık kısmı verimli orman niteliğindedir (Şekil 2.2).

Çalışmaya konu karaçam meşcerelerinden, Sarıkaya Orman İşletme Şefliğinin muhtelif mıntıklarından dominant özelliğe sahip 153 adet ağaç kesilip, farklı gövde yüksekliklerinden (0-30, 1-30, 2,30) kesit örnekleri alınarak, her bir kesitteki halka sayılarının tespiti yapılmıştır. Seçilen bu ağaçların, yetiştirme ortamının verim gücünü etkili bir şekilde yansıtabilmesi için galip ağaç olmasının yanında geçmişte de baskıda kalmamış ağaçlar olmasına dikkat edilmiştir.

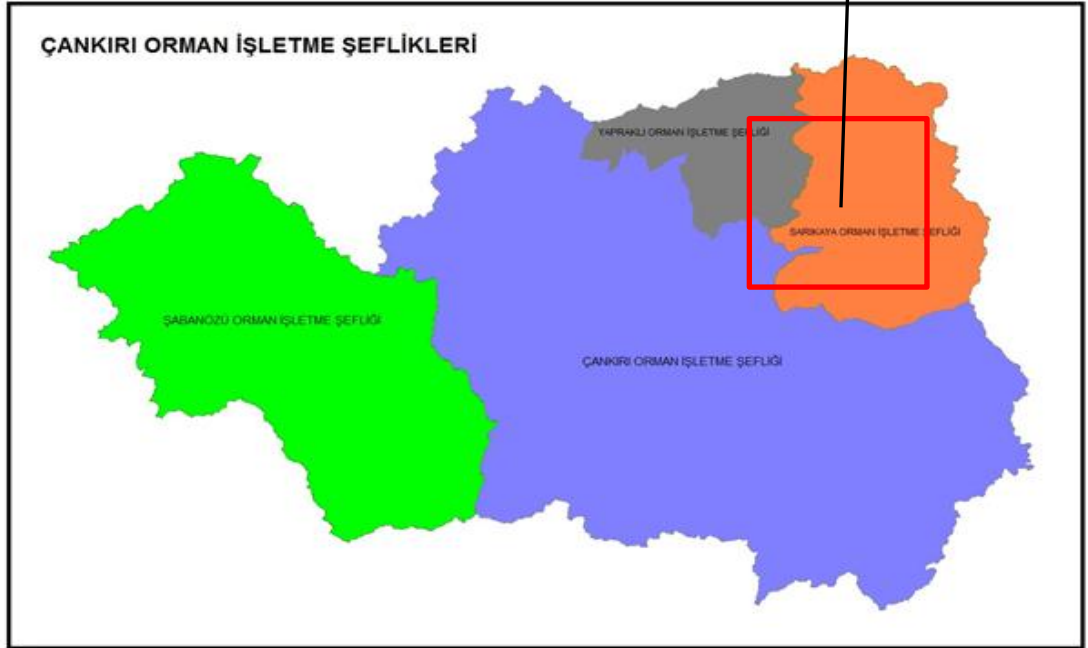
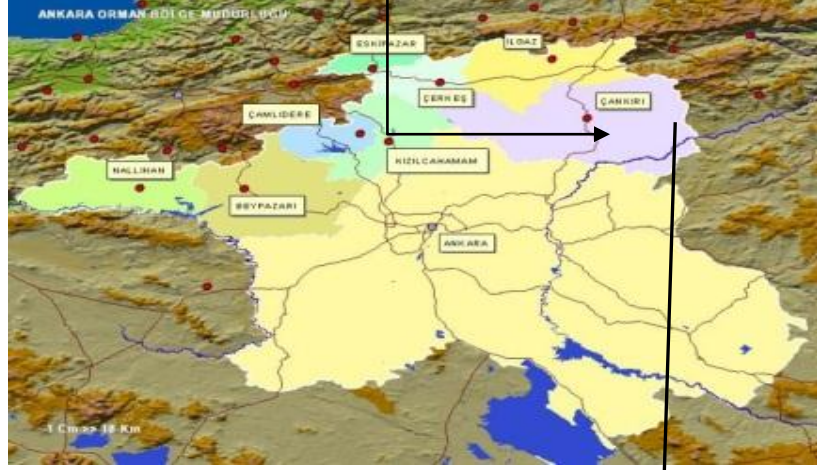
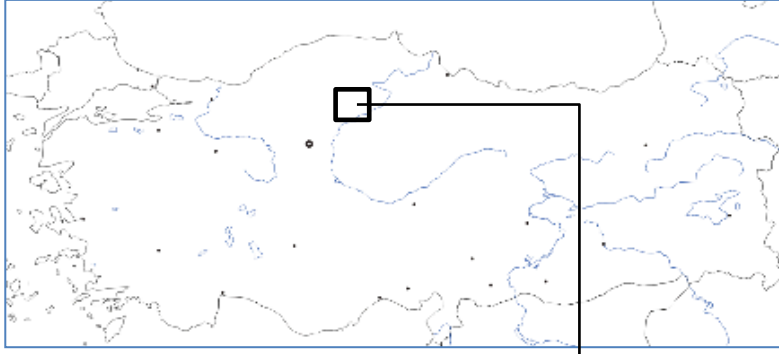
Bu husus gövde analizlerinden yani boylanma eğrilerinden kontrol edilebilir. Kesit yüksekliklerine ulaştıkları yıl sayıları, ağaç yaşından kesit yüksekliğindeki yıllık halka sayısı çıkarılarak yaş-boy ilişkileri elde edilmiştir. Elde edilen örnek ağaçların yaş ve boy değerleri ile diğer bazı özellikleri, Çizelge 1’de verilmiştir. Ayrıca örnek ağaçların yaş ve boy değerleri ile diğer bazı özellikleri Ek-1’de verilmiştir. Çizelge 2.2’de, örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan verilere ilişkin yaş-boy eğrileri, Şekil 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler

	Max.	Min.	Ortalama
Ağaç Yaşı	170	21	95
Ağaç Boyu	20,5	6,0	13,3
Ağaç Çapı	68	15	41,5



Şekil 2.1 Kullanılan verilere ilişkin yaş-boy eğrileri



Şekil 2.2 Çalışmanın gerçekleştirildiği Sarıkaya Orman İşletme Şefliği konumu

2.2 Metod

Bonitetin tespit edilmesinde yararlanılan yöntemler “*Doğrudan Yöntemler*” ve “*Dolaylı Yöntemler*” olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Doğrudan yöntemler ise kendi içerisinde “Toprak Faktörlerinden Yararlanan Yöntemler”, “İklim Verilerinden Yararlanan Yöntemler” ve “Toprak Florasından Yararlanan Yöntemler” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Günel 1982). Bir meşcerenin verim gücü tüm ekolojik faktörlerden aynı anda ve karmaşık bir şekilde etkilenmektedir. Yetiştirme ortamı oldukça dinamik ve karmaşık bir sistem olduğundan bileşenler arasındaki ilişkilerin sayısal olarak doğru bir biçimde açıklanması da çok zordur. Öte yandan yetiştirme ortamı içerisindeki bu bileşenlerin bireysel etkileri ile sistemdeki karmaşık etkilerinin çok farklı olması da doğrudan yöntemlerin kullanılabilirliğini zorlaştıran faktörlerdir. Doğrudan yöntemin kullanılabilmesi için, yukarıda sayılan faktörlerin ayrı ayrı sayısal olarak belirlenmesi gerekmektedir (Kapucu 2004).

Aynı yaşlı meşcerelerde kullanılan dolaylı yöntemler “*Anamorfik yöntem*”, “*Polimorfik yöntem*” ve “*Kombine yöntem*”, değişik yaşlı meşcerelerde kullanılan dolaylı yöntemler ise “*Flury'nin çap sınıfları yöntemi*”, “*Mittscherlich'in çap-çap artımı ilişkisine dayanan yöntem*” ve “*Ağaçların baskıdan kurtulduktan sonraki yaş-boy ilişkisine dayanan yöntem*” olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (Günel 1982).

Ormancılık geçmişinde ilk kez, Baur (1881) tarafından aynı yaşlı saf meşcerelerde birim alandaki ağaç hacmi ile meşcere orta boyu arasında bir ilişki olduğunu belirlemiş ve bu ilişkiden yola çıkılarak meşcerelerin yetiştirme ortamı verim gücü değerlerini tahmin edilebileceğini ifade edilmiştir (Kalıpsız 1998). *Eichorn Yasası*'na göre; meşcere boyu, yaşa ve yetiştirme ortamına göre önemli farklılıklar göstermektedir.

Aynı yaşlı saf meşcerelerde, meşceredeki galip ve müşterek galip ağaçlar, silvikültürel müdahalelerin şiddetinden, meşcere sıklık derecesinden ve komşuluk ilişkilerinden daha az etkilendiklerinden, meşcere orta boyu yerine meşcere üst boyu kullanılmaktadır. Standart yaş olarak adlandırılan belirli bir yaştaki (25, 50 veya 100 yıl) meşcere üst

boyu da yetişme ortamı verim gücü göstergesi olan Bonitet Endeksi (BE) olarak tanımlanmaktadır (Kalıpsız 1998). “Bonitet endeksi” bir ormanın yetişme ortamı verimliliğinin göstergesi olarak kullanılan en yaygın ölçütlerden birisidir (Adame at al. 2006).

“*Anamorfik Yöntem*” ve “*Polimorfik Yöntem*”, esas aldıkları ilkeler açısından avantaj ve dezavantajları vardır. Anamorfik yöntemde her bonitet sınıfının sahip olduğu eğriler tek bir kılavuz eğri üzerinden üretilmekte ve bu eğrinin sahip olduğu bütün hatalara sahip olmaktadırlar (Akalp 1978). Öte yandan, her bonitet sınıfında cari boy artımı aynı yaşta maksimuma sahiptir. Anamorfik yöntemin uygulanabilmesi için meşcerelerden alınan örnek alanlarda yapılacak meşcere yaşı ve üst boyu ölçüm değerleri yeterli olmaktadır. Uygulamadaki bu kolaylığı açısından anamorfik yöntem, ülkemizde amenajman planları hazırlanırken meşcerelerin yetişme ortamı verim güçlerinin belirlenmesi esnasında kullanılıp faydalanılabilmektedir (Asan 1987).

Polimorfik yöntemin de meşcereden seçilen baskın ağaçlarda yapılan gövde analizlerinin yapılması ve seçilen bu ağaçların bütün meşcereyi temsil etmeme durumu gibi olumsuzluğu vardır. Bununla birlikte, polimorfik yöntem farklı bonitet sınıflarındaki eğrilerin şekil olarak birbirlerine benzerlik göstermemesi (polimorfizm), iyi ve kötü bonitet sınıflarındaki boy artımlarının farklı yaşlarda maksimuma varması gibi biyolojik olarak daha kabul edilebilir özelliklere sahiptir (Günel 1982). Gövde analizine dayanan polimorfik yöntem ile üretilen bonitet endeks eğrileri anamorfik yöntemle göre daha fazla kullanılmaktadır. Örneğin; Bull (1931), Spurr (1952), Brickell (1968) ve Akalp (1978) yetişme ortamları arasındaki farkları daha iyi yansıtmaları ve hatanın daha az olmasından dolayı polimorfik yöntemi tercih etmişlerdir (Asan 1990).

Klasik bonitleme metotları ile bonitet sınıflamasının yapılması sırasında öncelikle standart bir yaş tespit edilmeli ve bu standart yaştaki üst boy değeri (bonitet endeksi) hesaplanmalıdır. Bonitet endeks modellerinin ortaya çıkarılmasında etkin görev alan standart yaş değerinin tespit edilmesi çok önemlidir. Standart yaş değeri, yurdumuzda genellikle uzun idare süreli ağaç türleri için 100 yıl, kısa idare süreli ağaç türleri için ise

50 yıl alınmaktadır. Bu değerler, ülke dışında yapılan çalışmalarda işletme amacına göre çok farklı değerler (30, 40, 50, 100 yıl vb.) alabilmektedir. Modellemenin en başında karar verilen standart yaş değeri, geliştirilen bonitet endeks modelleri ile yapılan yetiştirme ortamı verim gücü (bonitet endeks) tahminlerinde oldukça önemli rol üstlenmektedir. Özellikle, aynı ağaç türü ve aynı yetiştirme ortamı için seçilen model, standart yaş değeri 50 yıl için düzenlenirse farklı tahminler, 100 yıl için düzenlenirse farklı tahminler elde edilmektedir (base-age variance). Bu bakımdan standart yaş seçiminin tahminlerinde hatasını en aza indirmek için aynı bonitet endeks modeli ile farklı standart yaşlar için bonitet endeks tahmini yapabilen ve “standart yaş değişmezliği (base-age invariance)” özelliğine sahip “*Dinamik Bonitet Endeks Modelleri*” ne gerek duyulmaktadır.

Belirli bir t yaşı için tespit edilen standart yaş değerinden etkilenmeyen tahminleri yapabilecek bu yöntemler; “*Cebirsel Fark Yaklaşımı*” ve “*Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı*” olmak üzere iki farklı yaklaşıma sahiptir (Ercanlı 2010). Bu yaklaşımlarla elde olunan modellere ise “*Dinamik Bonitet Endeks Modelleri*” denilmektedir. Dinamik bonitet endeks modelleri önemli özelliklere sahiptir. Bunlardan en önemli olanı standart yaş değeri değişse bile tahminler üzerinde herhangi bir etkiye neden olmamasıdır ki, bu özellik “standart yaş değişmezliği (base-age invariance)” olarak adlandırılır (Cieszewski 2001).

Cebirsel Fark Yaklaşımı (CFY) modelleri ilk olarak, Bailey ve Clutter (1974) tarafından “*Standart yaş değişmezlik (base-age invariance)*” özelliğine sahip denklemler olarak literatüre kazandırılmışlardır. Bu yöntemde öncelikle yaş-boy arasındaki ilişkiyi gösteren bu modelin bir parametresi cebirsel olarak yeniden düzenlenerek CFY model yapısına çevrilmektedir. Cebirsel olarak yeniden düzenlenen bu denklem ile elde edilen eğriler, ya tek asimptotlu ve polimorfik ya da çoklu asimptotlu ve anamorfik özellik göstermektedir (Yavuz vd. 2010, Ercanlı 2010). Hem çok asimptotlu hem de polimorfik özellik gösteren denklemler de ilk olarak Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı (GCFY) adıyla geliştirilmişlerdir. CFY’de modelin tek bir parametresi cebirsel olarak yeniden düzenlenirken, GCFY ile modelin

en az iki parametresine cebirsel işlem uygulanmaktadır (Yavuz vd. 2010, Ercanlı 2010, Kahrıman 2011).

Dinamik bonitet endeks model yapıları incelendiğinde; özellikle klasik bonitet modellerinden farklı olarak h_0 (bonitet endeksi) ve t_0 (standart yaş) olmak üzere 2 değişken daha eklendiği görülmektedir. Bu değişkenlerden, h_0 değişkeni; bonitet endeks gösterge değeri iken, t_0 değişkeni ise; standart yaş değerine ilişkin gösterge değeridir. Bonitet endeks modellerinin bu yapısı; tek bir bonitet endeks modeli ile farklı bonitet eğrilerinin (site curves), farklı standart yaşlar için üst boy tahminlerinin elde edilmesine imkan sağlamaktadır (Ercanlı 2010, Kahrıman 2011).

GCFY aracılığıyla ortaya çıkarılan dinamik bonitet endeks modelleri, farklı durumlara farklı çözümler öne süren değişken bir yapıya sahiptirler. Geliştirilen bu modeller standart yaş değişmezlik özelliğine sahip olmakta ve elde edilen yaş-boy eğrileri birçok verim gücüne dair büyüme kanuniyeti ile uyumlu sonuçlar elde etmektedir. Bahsi geçen büyüme kanuniyetleri Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- 1) Oluşturulan bonitet endeks eğrilerinin orjinden geçmesi ($t=0$ için $h=0$),
- 2) Farklı bonitet endekslerine ait eğrilerin seyrettikleri trendlerin farklı olması (polimorfizm),
- 3) Farklı bonitet endekslerine ilişkin maksimum boy değerlerinin yetiştirme ortamı verim gücüne göre değişmesi (çoklu asimptot),
- 4) Eğrilerin geniş S harfi şeklinde bir trend izlemesi,
- 5) Büyüme ile ilgili diğer kuramsal gerekçeler.

Üstte maddeler halinde verilen büyüme kanuniyetlerinden son sırada (5) bulunan kuramsal gerekçeler büyüme ile ilgili genel kurallardır. Bu kabullerden birisi olarak “farklı verim gücüne ait bonitet endeks eğrilerinin maksimum boy artımına ulaşma yaşlarının yetiştirme ortamı verim gücü iyileştikçe azalması ve değer olarak da artması”

kriteri çalışma kapsamında diğer büyüme kanuniyetlerinin yanında incelenmiştir.

Bu çalışmada yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesi için GCFY ile elde edilmiş bonitet endeks modellerine dayanan “Polimorfik Yöntem” kullanılmıştır. Cieszewski (2001), Cieszewski (2002), Cieszewski (2004) ve Cieszewski vd. (2008) tarafından çeşitli temel büyüme modellerinin (Chapman-Richards, Lundqvist, Hossfeld, Schumacher ve Weibull) GCFY’ ye göre düzenlenmiş 3 değişkenli bonitet endeks modelleri $h = f(t, t_0, h_0)$ kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan 8 adet GCFY modeli ve bu denklemlerin geliştirildikleri temel büyüme modelleri Çizelge 3’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında, polimorfik yöntemle GCFY modellerinin geliştirilmesi için çalışma alanlarından kesilmiş olan örnek ağaçlarda yapılan gövde analizi verileri kullanılmıştır.

Modellerin parametrelerinin tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt tahmin yöntemine dayanan Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi kullanılmıştır. Modellerin parametrelerinin tahminleri ve çeşitli istatistiksel bilgilerin hesaplanmasında SAS İstatistik Paket Programındaki PROC MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc. 2004). Elde edilen sonuçlar Ek 2’ de verilmiştir.

Farklı Bonitet endeks modellerinden, ağaçların yaş-üst boy ilişkilerinin modellemede en başarılı olanını belirlemek üzere bazı istatistiki başarı ölçüt değerleri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerleri; Hata Kareler Toplamı (HKT), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK) ve Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2) değerleridir. Bu istatistiki değerlerden, Hata Kareler Toplamı, Hata Kareler Ortalaması, Hata Kareler Ortalamasının Karekökü değerlerinin küçük, Belirtme Katsayısının ise 1’e yakın olması istenilmektedir. Kullanılan bu istatistiki ölçütlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$\text{Hata Kareler Ortalaması (HKO)} = \sum_{i=1}^n \frac{(h_i - \hat{h}_i)^2}{n} \quad (1)$$

$$\text{Hata kareler Ortalamasının Karekökü} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(h_i - \hat{h}_i)^2}{n-p}} \quad (2)$$

$$\text{Hata Kareler Toplamı (HKT)} = \sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 \quad (3)$$

$$\text{Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R}_{\text{düz.}}^2) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2 (n-p)} \quad (4)$$

Bu formüllerdeki, h_i : belirli bir yaşta ölçülen boy değerini, \hat{h}_i : bonitet endeks model ile tahmin edilen boy değerini, n : veri sayısını p değeri ise modeldeki parametre değerini ifade etmektedir.

Dinamik bonitet endeks model yapıları incelendiğinde; özellikle temel yapılarından farklı olarak h_0 ve t_0 olmak üzere 2 değişken daha eklendiği görülmektedir. Bu değişkenlerden, h_0 değişkeni; bonitet endeks gösterge değeri iken, t_0 değişkeni ise; standart yaş değerine ilişkin gösterge değeridir. Bonitet endeks modellerinin bu yapısı; tek bir bonitet endeks modeli ile farklı bonitet eğrilerinin (site curves), farklı standart yaşlar referans olarak oluşturabilmesini sağlamaktadır.

Çizelge 2.3 Ağaçların Yaş-Üst boy ilişkisini modellemek üzere kullanılan GCFY denklemleri

Model No	Temel Model	GCFY Model
M1		$h = h_0 \left(\frac{1 - \exp(-b_1 t)}{1 - \exp(-b_1 t_0)} \right)^{(b_2 + b_3 / X_0)}$ $X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - b_2 L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - b_2 L_0)^2 - 4 b_3 L_0} \right)$ $L_0 = \ln(1 - \exp(-b_1 t_0))$
M2	Chapman-Richards: $h = a(1 - \exp(-bt))^c$	$h = \exp(X_0) (1 - \exp(-b_1 t))^{(b_2 + 1 / X_0)}$ $X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - (b_2 L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - b_2 L_0)^2 - 4 L_0} \right)$ $L_0 = \ln(1 - \exp(-b_1 t_0))$
M3		$h = h_0 \cdot \left[\frac{(1 - \exp(-X_0 \cdot t))^{b_3}}{(1 - \exp(-X_0 \cdot t_0))^{b_3}} \right]$ $X_0 = b_4 \cdot \left(\frac{h_0}{t_0} \right)^{b_5} \cdot t_0^{b_6}$
M4	Lundqvist: $h = a \cdot \exp(-bt^{-c})$	$h = \exp(X_0) \exp \left[- \left(b_1 + \left(\frac{b_2}{X_0} \right) t^{-b_3} \right) \right]$ $X_0 = \frac{1}{2} (b_1 t_0^{-b_3} + \ln h_0 + L_0)$ $L_0 = \sqrt{(b_1 t_0^{-b_3} + \ln h_0)^2 + 4 b_2 t_0^{-b_3}}$
M5	Hosfeld: $h = \frac{a}{1 + bt^{-c}}$	$h = \frac{(b_1 + X_0)}{1 + b_2 / X_0 t^{-b_3}}$ $X_0 = \frac{1}{2} \left(h_0 - b_1 \pm \sqrt{(h_0 - b_1)^2 - 4 b_2 h_0 t_0^{-b_3}} \right)$
M6	Lundqvist: $h = a \cdot \exp(-bt^{-c})$	$h = \exp(X_0) \exp \left[- \left(b_1 + \left(\frac{b_2}{X_0} \right) t^{-b_3} \right) \right]$ $X_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(\ln(h_0) + \sqrt{[\ln(h_0)]^2 + 4 \cdot b_1 \cdot t_0^{-b_3}} \right)$
M7	Weibull: $h = a_1 \cdot (1 - \exp(-a_2 \cdot t^{a_3}))$	$h = \exp[X_0 + [b_1 + b_2 \cdot X_0] \cdot \ln(1 - \exp(-t^{b_3}))]$ $X_0 = \frac{\ln(h_0) - b_1 \cdot \ln(1 - \exp(-t_0^{b_3}))}{1 + b_2 \cdot \ln(1 - \exp(-t_0^{b_3}))}$
M8	Schumacher: $h = \exp(a_1 + a_2 \cdot t^{a_3})$	$h = \exp \left(X_0 - \left(\frac{b_1}{X_0} \right) \cdot t^{b_3} \right)$ $X_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(\ln(h_0) + \sqrt{[\ln(h_0)]^2 - 4 \cdot b_1 \cdot t_0^{-b_3}} \right)$

h; t yaşındaki Üst boy, h₀; Standart yaştaki üst boy (bonitet endeks değeri), t₀; Standart yaş, a, b, c, b₁, b₂, b₃; model parametreleri.

3. BULGULAR

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi için kullanılan 8 farklı dinamik bonitet endeks modellerine ilişkin parametre tahminleri ve bu modellere ilişkin çeşitli istatistiki başarı ölçüt değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Test edilen bu bonitet endeks modellerinin çoğu parametresi $p < 0.05$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Elde edilen denklemlere ilişkin belirtme katsayısı değerleri, 0.4435 ile 0.8903 arasında, Hata Kareler Ortalamaları (HKO); 1.7633 ile 8.9491, Hata Kareler Ortalamasının Karekökü değerleri (HKOK); 1.3279 ile 2.9915 ve Hata Kareler Toplamı değerleri ise; 1165.6 ile 5933.3 arasında değişmektedir.

Modellere ilişkin başarı ölçütleri değerlendirildiğinde, yaş-üst boy ilişkisini modellemede en başarılı denklem olarak Chapman-Richards'ın büyüme fonksiyonunun (M3) olduğu görülmektedir. Chapman-Richards'ın fonksiyonuna ilişkin belirtme katsayısı değeri, 0.8903, Hata Kareler Ortalaması (HKO); 1.7603, Hata Kareler Ortalamasının Karekökü değeri (HKOK); 1.3279, Hata Kareler Toplamı değeri ise; 1165.3'tür. Bu çalışmada elde edilen Chapman-Richards'ın denklemine ilişkin GCFY model yapısı ise aşağıda verilmiştir.

$$h = h_0 \cdot \left[\frac{(1 - \exp(-X_0 \cdot t))}{(1 - \exp(-X_0 \cdot t_0))} \right]^{1.489082}$$
$$X_0 = 0.793297 \cdot \left(\frac{h_0}{t_0} \right)^{-0.52157} \cdot t_0^{-0.97059}$$

Bu denklemlerde, h belirli t yaşı için tahmin edilen üst boyu, t_0 standart yaşı, h_0 ise; t_0 standart yaştaki üst boy değerini veya diğer bir ifadeyle bonitet endeksini göstermektedir.

Çizelge 3.1 Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi elde edilmiş dinamik bonitet endeks denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

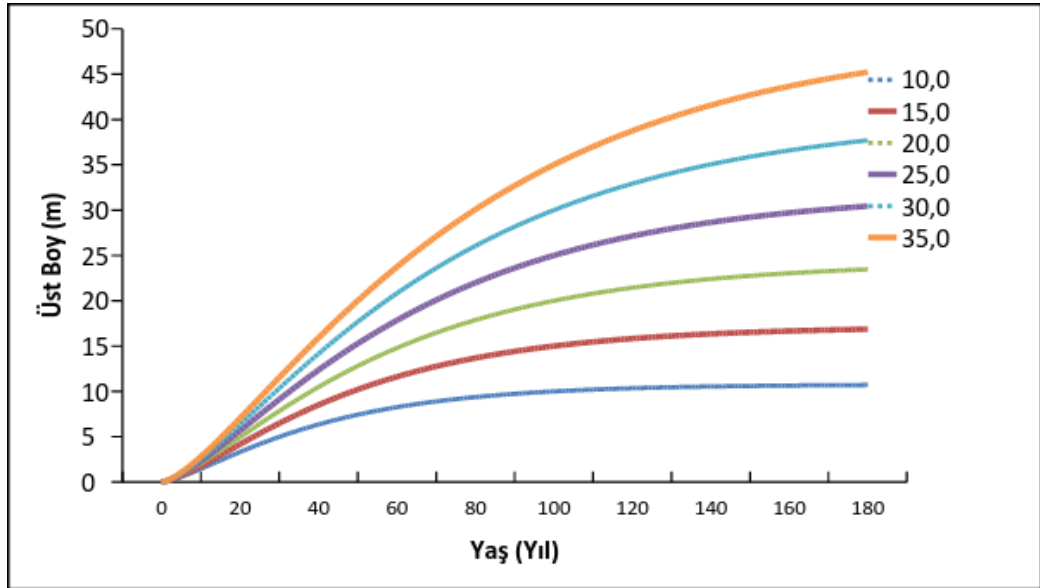
Mode l	HKT	HKO	HKOK	R ² _{düz}	Parametre	Tahmin	Standart Hata	t-Değeri	P
M1	1289.1	1.9473	1.3955	0.8789	b ₁	0.015301	0.00120	12.74	<0.0001
					b ₂	1.863891	0.2059	9.05	<0.0001
					b ₃	-2.1983	0.6014	-3.65	<0.0003
M2	2214.7	3.3404	1.8277	0.7923	b ₁	0.024206	0.00148	16.38	<0.0001
					b ₂	0.821012	0.0824	9.97	<0.0001
M3	1165.6	1.7633	1.3279	0.8903	b ₃	1.489082	0.0846	17.61	<0.0001
					b ₄	0.793297	0.2156	3.68	<0.0003
					b ₅	-0.52157	0.0982	-5.31	<0.0001
					b ₆	-0.97059	0.0812	-11.96	<0.0001
M4	1223.3	1.8478	1.3594	0.8851	b ₁	14.53492	1.4134	10.28	<0.0001
					b ₂	-23.132	4.9165	-4.71	<0.0001
					b ₃	0.428683	0.0390	10.99	<0.0001
M5	4337	6.5513	2.5596	0.5926	b ₁	27346946	31039022	0.88	0.3786 ^{ns}
					b ₂	0.015371	0.00260	5.92	<0.0001
					b ₃	-0.41904	0.0195	-21.51	<0.0001
M6	1742.8	2.6287	1.6213	0.8365	b ₁	487106	4139518	0.12	0.9064 ^{ns}
					b ₃	0.00099	0.00419	0.24	0.8135 ^{ns}
M7	1244.5	1.880	1.3711	0.8831	b ₁	15.1457	0.8577	17.66	<0.0001
					b ₂	0.242165	0.00969	24.98	<0.0001
					b ₃	-0.2854	0.1254	-2.28	<0.0232
M8	5933.3	8.9491	2.9915	0.4435	b ₁	9.316315	0.9234	10.09	<0.0001
					b ₃	-0.71343	0.0273	-26.16	<0.0001

HKT: Hata kareler toplamı, **HKO:** Hata kareler ortalaması, **HKOK:** Hata kareler ortalamasının karekökü, **R²_{düz}:** Düzeltilmiş belirtme katsayısı, **ns:** Anlamsız parametre.

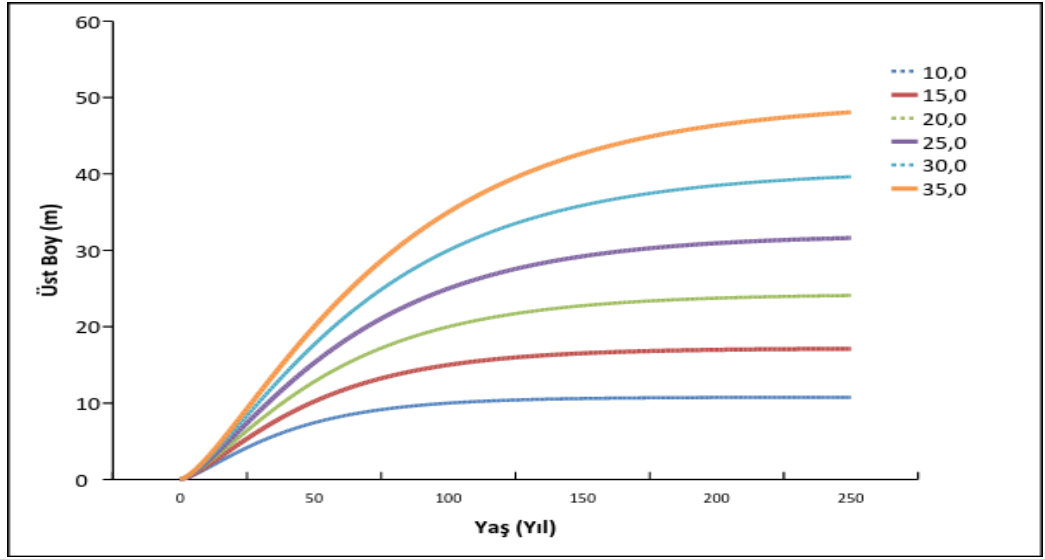
Chapman-Richards'ın denklemini esas alan GCFY bonitet endeks modeli ile elde edilen boy gelişiminin, verim gücüne bağlı olarak yaş-boy ilişkilerinde bilinen büyüme yasaları ile uyumluluğu da değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde dikkate alınan verim gücüne bağlı olarak yaş-boy ilişkilerinin değişimine ilişkin beklenen özellikler (büyüme yasaları); Polimorfizm, çoklu asimptot, eğrilerin S biçimli bir trend izlemesi, boy artımlarının maksimuma ulaşma sürelerinin bonitet iyileştikçe azalması gibi temel özelliklerdir. Bu özellikler ile Chapman-Richards'ın modelini değerlendirmek üzere, yaş-boy ilişkilerine ilişkin büyüme grafikleri; 180 ve 250 yaşlar için Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.1 ve 3.2 değerlendirildiğinde, Chapman-Richards'ın modeli ile elde edilen yaş-boy ilişkilerinin, yukarıda söz edilen beklenen büyüme yasaları ile

uyumlu olduğu gör÷lmektedir. Diğer bir ifadeyle, elde edilen bonitet endeks eğrileri (Şekil 3.1ve Şekil 3.2); çok asimptotlu S biçiminde ve şekilleri verim gücüne göre değişen bir trend (Polimorfizm) göstermektedir.

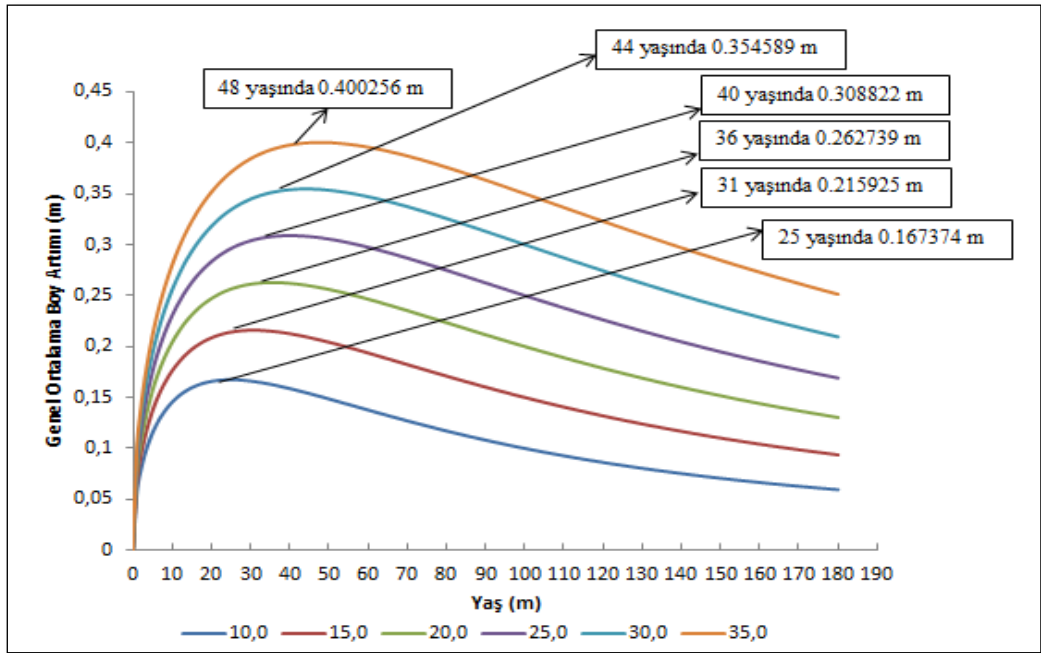
Şekil 3.3’de, genel ortalama boy artımının bonitetlere göre değişimi; bu eğrilerin maksimum olma yaşları ve değerleri ile birlikte verilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde; 10. metre eğrisi, 25 yaşında 0.167374 metre genel ortalama değer ile maximum olurken, 15. metre eğrisi; 31 yaşında 0.215925 m, 20. metre eğrisi 36 yaşında 0.262739 m, 25. metre eğrisi 40 yaşında 0.308822 m, 30. metre eğrisi ise 44 yaşında 0.354589 metre ve 35. metre eğrisi 48 yaşında 0.400256 m’de genel ortalama değer ile maksimum olmaktadır. Chapman-Richards’ın denkleminin ortaya koyduğu genel ortalama boy değişimi olarak, Bonitet endeks değer artıkça diğer bir ifadeyle yetiştirme ortamı verim gücü iyileştikçe eğrilerin maksimum olma yaşı ve maksimum olduğu genel ortalama boy değer ise artmaktadır.



Şekil 3.1 Geliştirilen dinamik bonitet endeks modeline ilişkin 180 yıllık gelişimi gösterir şekil

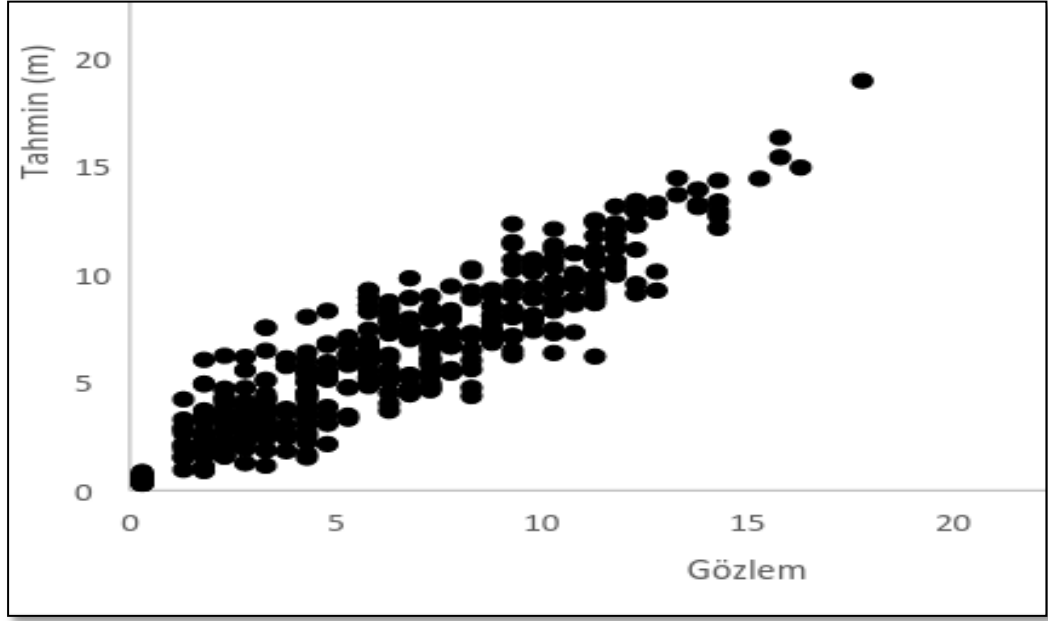


Şekil 3.2 Geliştirilen dinamik bonitet endeks modeline ilişkin 250 yıllık gelişimi gösterir şekil



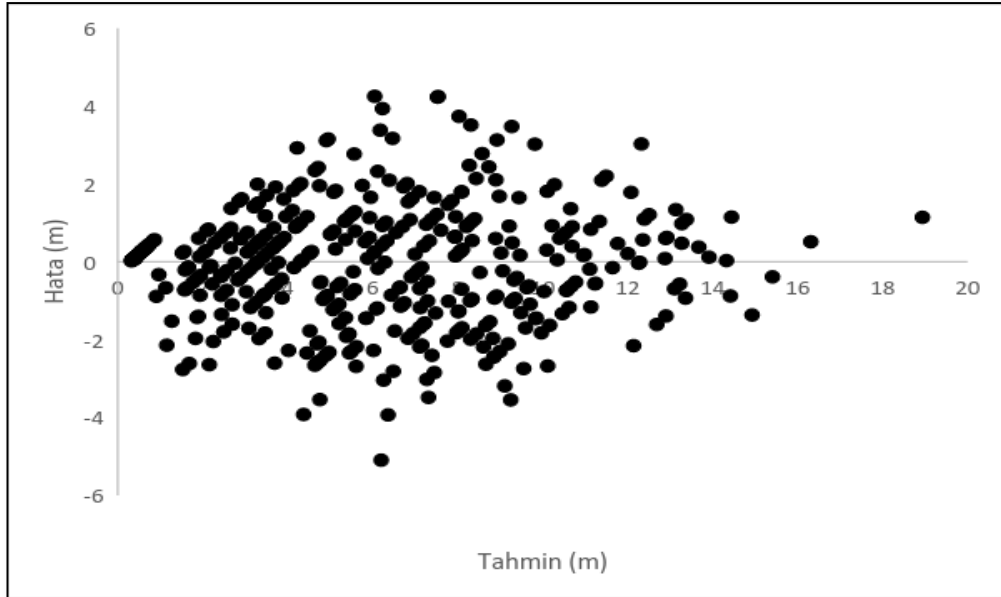
Şekil 3.3 Genel ortalama boy artımının bonitetlere göre değişimini, maksimum olma yaşı ve değerleri ile birlikte gösterir şekil

Chapman-Richards'ın denklemini esas alan GCFY bonitet endeks modeli (M3) kullanılarak elde edilen tahmin değerleri ile arazide ölçülen boy değerleri arasındaki ilişki, Şekil 3.4'de verilmiştir.



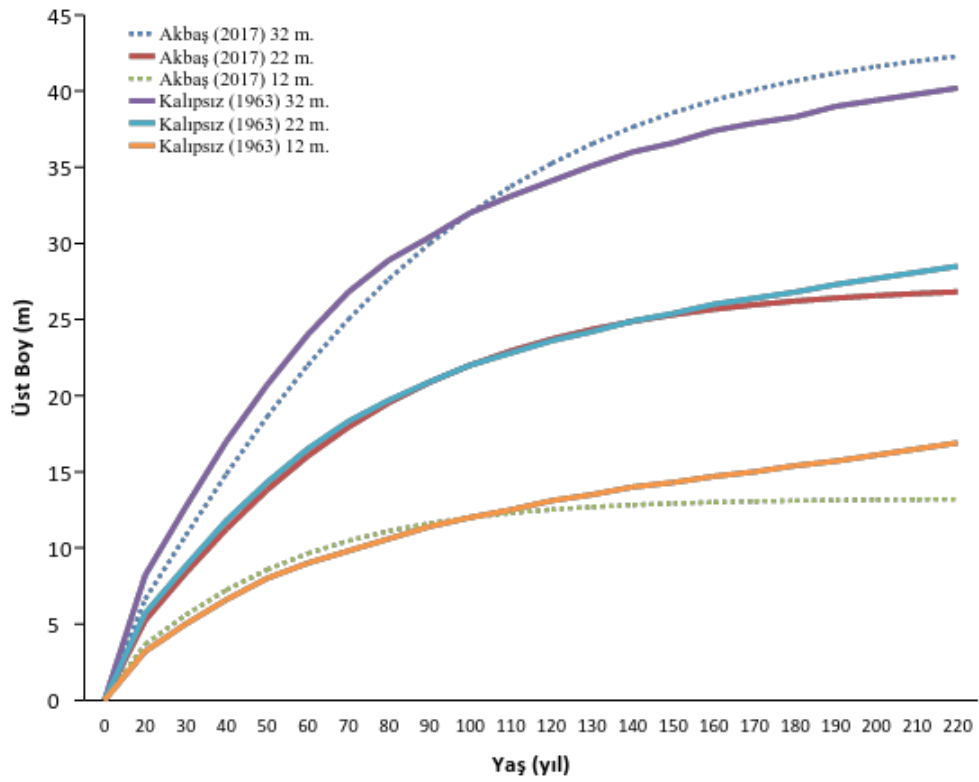
Şekil 3.4 Gözlem-tahmin, boy değerleri ilişkisi (Chapman-Richards'ın denklemi)

Şekil 3.5'de ise, modele ilişkin hataların tahmin değerlerine göre değişimleri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, GCFY bonitet endeksi ile elde edilen tahminlere ilişkin hata değerlerinin, artı ve eksi yöndeki dengeli ve rastgele bir biçimde olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5 Model tahminlerine göre hatalarının değişimi (Chapman-Richards'ın denklemi)

Şekil 3.6’de, daha önce Karaçam’da bonitet endeks tablosu düzenleyen Kalıpsız (1963) ile çalışmamızda geliştirdiğimiz GCFY bonitet endeks modelleri ile tahmin edilen tahminler grafik olarak karşılaştırılmıştır. Bu grafik incelendiğinde, kötü ve iyi bonitetlerde, özellikle 100 yaşından itibaren önemli farklar olduğu, orta bonitette ise iki eğrinin benzer bir değişim gösterdiği görülmektedir. 100 yaşından sonra 12 ve 22. metrelerde Kalıpsız’ın yaptığı çalışmada eğri Akbaş’ınkine göre daha yukarıda iken 32. metrede Akbaş’ın yaptığı çalışmada eğrinin Kalıpsız’ın çalışmasına göre daha yukarıda olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.6 Kalıpsız (1963) bonitet eğrileri ile GCFY bonitet endeks modellerine ilişkin eğrilerin karşılaştırılması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü-Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Sarıkaya Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan Karaçam meşcerelerinden 153 adet galip ağaç kesilerek gövde analizleri yapılmış ve böylece elde edilen veriler ile bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Yaş-üst boy ilişkilerinin modellenmesinde, Chapman-Richards, Lundqvist, Hossfeld, Schumacher ve Weibull temel büyüme denklemlerini esas alarak Cieszewski (2001), Cieszewski (2002), Cieszewski (2004) ve Cieszewski vd. (2008) tarafın yapılan cebirsel dönüşümler ile elde edilen 8 farklı GCFY dinamik bonitet endeks modelleri kullanılmıştır. Bu denklemlerden, Chapman-Richards'ın esas GCFY bonitet endeks modeli, M3; yaş-boy ilişkilerinin modellenmesinde %89.03'lük açıklayıcılıkla en başarılı model olarak belirlenmiştir. Bu modele ilişkin HKO değeri; 1.7633 ve HKOK değeri ise; 1.3279 olarak belirlenmiştir.

Dünya'da Ormancılığı gelişmiş ülkelerde son yıllarda Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı (Generalized Algebraic Difference Approach, GADA) ile geliştirilen bonitet endeks modelleri daha çok tercih edilmektedir.

Cieszewski (2001, 2002, 2003); Cieszewski ve Nigh (2002); Trincado vd. (2003); Diéguez-Aranda vd. (2005, 2006); Nord-Larsen (2006); Adame vd. (2006); Bravo-Oviedo vd. (2007); Cieszewski vd. 2007; Cieszewski ve Strub (2008) gibi çalışmalar, GCFY ile geliştirilmiş bonitet endeks modellerine örnek olarak verilebilir. Genelleştirilmiş Cebirsel Fark yaklaşımı ile elde edilmiş dinamik bonitet endeks modelleri; özellikle yaş-üst boy ilişkilerinde beklenen büyüme kanuniyetleri sağlanmasında başarılı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada, en başarılı olarak belirlenen Chapman-Richards'ın modeli ile elde edilen yaş-üst boy değişimi; farklı bonitetlere için değişen şekillere (polimorfizm) ve çoklu asimptotlara sahip olup, bu trend; yaş-üst ilişkilerinin modellenmesinde beklenen temel büyüme kanuniyetleri uyumludur.

Söz konusu bu denklem ile genel boy artımı için elde edilen değişim de, yetiştirme ortamı

verim gücü iyileştikçe; genel boy artımının maksimum olma yaşı ve maksimum olma değeri artmaktadır. Genel boy artımı için elde edilen bu değişim; boy artımına ilişkin büyüme kanuniyetleri ile belirli ölçüde uyum göstermektedir. Özellikle Chapman-Richards modeli ile maksimum olma yaşına ilişkin beklenen büyüme kanuniyeti sağlanamamıştır. Bunun temel nedeni çalışmada kullanılan verilerin dağılımı veya model yapısından kaynaklandığının düşünülmesiyle birlikte, daha sonraki çalışmalarda veri yapısına dikkat edilerek veya farklı denklem yapıları kullanılarak bu kanuniyete ilişkin beklenen değişimler elde edilebilir. Bu çalışmada geliştirilen bonitet endeks modellerinin büyüme kanuniyetleri ile uyumlu bu özellikleri yanında, diğer bir önemli özellikleri ise; GCFY'nın bonitet endeks modellerine kazandırdığı bir özellik olarak t_0 ve h_0 olmak üzere iki bağımsız değişkeni ağaç yaşına ilaveten içermeleridir. Standart yaş (t_0) ve bonitet göstergesi (h_0) olan bu iki değişken; bonitet endeks modellerine tek bir model ile farklı standart yaşlar ve bonitetler için üst boy tahmini imkanı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, standart yaş 100 yıl esas alınmasına karşın, diğer taraftan modeldeki t_0 değişkenine 50, 75, 30 ya da istenilen bir yaş değeri atanarak, farklı standart yaşları esas alan üst boy tahminleri elde edilebilecektir. Klasik bonitetleme yöntemlerinde, modellerin geliştirilmesinde başta belirlenen bir standart yaşa göre tüm tahminler elde edilmekte ve farklı standart yaşlar için tahmin olanağı bulunmamaktadır. GCF ile geliştirilen dinamik bonitet endeks modellerinde ise; farklı standart yaşlar için tahminler tek bir model yapısı ile mümkün olmaktadır. Tek bir bonitet endeks eğrisi ile farklı standart yaşlar için bonitet endeks tahmin olanağı sunan ve ayrıca modellerin elde edilmesinde ilk aşamada herhangi bir standart yaş seçimini gerektirmeyen GCFY'ye ilişkin bonitet endeks modelleri, standart yaşa bağlı değişmezliğe sahip modeller "base-age invariable models" olarak adlandırılmaktadırlar. Ayrıca standart yaş değişmezliği özelliği, bu modellerde farklı standart yaşlar (farklı t_0 değerleri) kullanılmasına karşın, belirli bir yaş için tahmin edilen boy (h) değerinin değişmemesini de ifade etmektedir.

Standart yaşa bağlı değişmezlik özelliği, GCFY ile elde edilmiş bonitet endeks modellerine; aynı bonitet endeks eğrisi üzerinde farklı standart yaşlar kullanılmasına

karşın, herhangi bir t zamanı için tahmin edilen boy değerinin (h) değişmemesi özelliğini kazandırmaktadır.

Türkiye’de asli ağaç türlerinin yayılış gösterdiği meşcerelerin yetiştirme ortamı verim güçlerinin belirlenmesinde daha doğru ve tutarlı tahminlere imkan sağlayan GCFY esas alan dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesine önemli oranda bir ihtiyaç ve gereklilik vardır. Ayrıca, bonitet endeks modellerinin tahmin tutarlılığı ve geçerliliği açısından başarıyı artırmak üzere, farklı yetiştirme ortamları ve farklı meşcereleri temsil edecek şekilde yarı devamlı ve devamlı örnek alanlarının oluşturulması ve periyodik olarak ölçülmesi büyük bir önem taşımaktadır. Devamlı deneme alanları ile geliştirilecek bu modeller ile modellerin hem tahmin tutarlılığı ve gerçekçiliği artacak hem de bu modeller, farklı zaman periyotları için güncellenmesi ve uygunluğunun denetlenmesi imkanları da elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- ADAME, P., CANELLAS, I., ROİG, S. & D.RİO, M. (2006). Modelling Dominant Height Growth and Site Index Curves for Rebollo Oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Annals of Forest Science*, 63, 929-940.
- WANG G.G. & KLİNKA K. (1996). Use of Synoptic Variables in Predicting White Spruce Site Index. *Forest Ecology and Management*, 80, 95-105.
- AKALP, T. (1978). Anamorfik ve Polimorfik Yöntemlerle Bulunmuş Bonitet Eğrilerinin Karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 213-232.
- ALEMDAĞ, İ. Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 11, Ankara.
- ALEMDAĞ, İ. Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 20.
- AKALP, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2483, O.F. Yayın No: 251, İstanbul, 145 s.
- AKALP, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2483, O.F. Yayın No: 251, İstanbul, 145 s.
- ASAN, Ü., 1984, Kazdağı Gökarnı (*Abies equi-Trojani* Aschers Et Sinten) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3205/365, İstanbul.
- ASAN, Ü., 1987. Batı ve Orta Karadeniz Yöresindeki Doğu Kayını Ormanlarında Bonitet Araştırmaları, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi A(1)*, 106-130.
- ASAN, Ü. (1990). Sürgün Kökenli Kayın Ormanlarında Bonitet Araştırmaları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 40(2), 70-90.
- BAILEY, R.L., AND J.L. CLUTTER. 1974. Base-age in variant polymorphic site curves. *For. Sci.* 20:155-159.
- BRAVO-OVİEDO, A., del Río, M., Montero, G., 2007. Geographic variation and parameter assessment in generalized algebraic difference site index modeling. *Forest Ecology and Management*, 247(1-3):107-119.
- BATU, F. ve KAPUCU, F., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç Meşcerelerinde Bonitet Endeksi ve Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, KTÜ, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler 4. Cilt, 23-25 Ekim 1995, Trabzon.
- BİRLER A.S. ve YÜKSELY., 1983. Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırma Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülteni, No:19, Cilt:8, 295-348 s., İzmit.
- BİRLER, A.S., Usta, Z., ve Yüksel, Y., 1983. Kara Kavaklar (Asya Servi Kavağı) İçin Hacim Tablosu, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, Yayın No:19, İzmit.
- BİRLER, A.S., 1986. Türkiye'de Yetişen Radiata Çamı İçin Hacim Tablosu, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, 22, 51-67, İzmit.

- BİRLER, A.S., KOCAR, S., AVCIOĞLU, E., DİNER, A., GÜRSES, K. ve GÜLBABA A. G., 1995. Okalıptüs Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayınları. Yayın No:1.
- CARMEAN, WH (1972) Site index curves for uplandoaks in the central states. *Forest Science* 18(2): 109–120
- CARMEAN, W.H. & Lenthal, D.J. (1989). Height Growth and Site-Index Curves for Jack Pine in North Central Ontario, *Canadian Journal of Forestry Research*, 19, 215-224.
- CARUS S., 1998. Aynıyaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- CIESZEWSKI, C.J., 1999, The Algebraic Difference Approach Improves Fixed Base-Age Site Models Based On Chapman-Richard Function, *PMRC Technical Report 1999-9*
- 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., 2003. Developing a well-behaved dynamic site equation using a modified Hossfeld IV function $Y_3 = (A x^m) / (C + X^{m-1})$, a simplified mixed-model and Scots pine data. *Forest Science*, 49:539-554.
- CIESZEWSKI, C.J., Bailey, R.L., 2000. Generalized algebraic difference approach: the dynamic 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 in land Douglas fir site curves. *Canadian Journal of Forest Research*, 31:165-173
- CIESZEWSKI, C.J., Strub, M., Zasada, M.J., 2007. New dynamic site equation that fits best the Schwappach for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in central Europe. *Forest Ecology and Management*, 23:83-93
- CIESZEWSKI, C.J. (2004). GADA Derivation of Dynamic Site Equations with Polymorphism and Variable Asymptotes From Richards to Weibull and Other Exponential Functions, Plantation Management Research Cooperative, Athens.
- 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.
- CIESZEWSKI, C.J., Nigh, G., 2002. A dynamic equation for a Sitka Spruce height-age model. *Forest Chronicle* 78(5): 1-5
- CLUTTER, J.L., FORTSON, J.C., PIENAAR, L.V., BIRESTER, G.H., BAILEY, R.L., 1983, Timber management, A Quantitative Approach. *John Wiley and Sons Inc.*, New York, 63-81.
- CLUTTER, J.L. & BELCHER, D.M. (1983). Timber Management-A Quantitative Approach. Wiley, New York, 333.
- ÇEPEL, N. (1984). Ekosistem Kavramı ve Ekosistem Amenajmanı, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 34 (2), 23-32.

- DIEGUEZ-ARANDA, U., Burkhart, H.E., Rodriguez-Soalleiro, R., 2005. Modeling dominant height growth of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don) plantations in north-western Spain. *Forest Ecology and Management*, 215:271-284.
- DIEGUEZ-ARANDA, U., Grandas-Arias, J.A., Álvarez González, J.G. Gadow, K.V., 2006. Site quality curves for birch and north-western Spain. *Silva Fennica*, 40(4):631-644.
- ERASLAN, İ., 1982, Orman Amenajmanı Ders Kitabı, *İ.Ü.Fakülte Yayın No: 3010/318*, İstanbul, 582.
- ERASLAN, İ. & ŞAD, H.C. (1993). Orman Amenajmanı. 4, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Basımevi.
- ERCANLI, İ. ve Yavuz, H., 2006. Doğu Ladini (*Picea orientalis*(L.) Link.) Meşcereleri İçin Yöresel (Artvin Merkez İşletme Şefliği) Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, 1,1302 7085, 11-25.
- ERCANLI, İ. 2010, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) – Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modelleri, *Doktora Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EVCİMEN, B. S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi Hasılat ve Amenajman Esasları, OGM Yayınları, Seri No: 355, Seri No: 16, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- ERKAN, N., 1995. Kızılçamda Meşcere Gelişmesinin Simülasyonu, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- FIRAT, F., 1972. Orman Hasılat Bilgisi. İÜ Orman Fakültesi Yayın No 1541/166, 191 s. İstanbul.
- GADOW, K.V. & HUI, G.Y. (1999). *Modelling Forest Development*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- GÜNEL, A. (1982). *Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları*. İstanbul: İ.U. Orman Fakültesi (Basılmamıştır).
- KAHRİMAN, A. 2011, Karadeniz bölgesi sınırları içerisinde yer alan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) – doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modellerinin geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KALIPSIZ, A., 1963, Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar, *Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 349/8*, 57s. İstanbul.
- KALIPSIZ, A., 1984. Dendrometri. İÜ Orman Fakültesi Yayın No 3194/354, 407s. İstanbul.
- KALIPSIZ, A., 1998, Orman Hasılat Bilgisi, *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:4060/448*, İstanbul.
- KALIPSIZ, A., 1962. Değişik Yaşlı Doğu Kayınında Artım ve Büyüme Araştırmaları, OGM Yayını 339,7.
- KAPUCU, F. (2004). *Orman Amenajmanı*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası.
- KAPUCU, F., YAVUZ, H., GÜL, A. U. ve MISIR, N., 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılatı ve Amenajman Esasları, *Tog tag/Tarp-2229*, 117 s.

- KAPUCU, F., YAVUZ, H., GÜL, A. U. 1999. Dişbudak Meşcerelerinde Hacim, Bonitet Endeks ve Normal Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, KTÜ Araştırma Fonu Başkanlığı, Sonuç Raporu, Proje Kod No:96.113.001.4, Trabzon, 46 s.
- KÖSE, S. ve YAVUZ, H., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesinde Amenajman Planlarının Uygulanabilirliğinin Araştırılması, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler 4. Cilt, Orman Mühendisliği, 23-25 Ekim 1995, Trabzon.
- MISIR, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- ÖZBAN B. G., 2002. Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- SARAÇOĞLU, Ö., 1988, Karadeniz yöresi Göknar meşcerelerinde artım ve büyüme, *Doktora Tezi*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SEKİ, M., 2015, Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü karaçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ŞAHİN, A., 2015, Mersin yöresi saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde hasılat araştırmaları, *Doktora Tezi*, A.Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TRINCADO, G.V., Kiviste, A., Gadow, K.V. 2003. Preliminary site index models for native Roble (*Nothofagus obliqua*) and Rauli (*Nothofagus alpina*) in Chile. *New Zealand J. For. Res.* 32(3):322-333.
- YAVUZ, H., MISIR, N., TÜFEKÇİOĞLU, A., MISIR, M., ALTUN, L., ERCANLI, İ., SAKICI, O. E., KAHRİMAN, A., KARAHALİL, U., YILMAZ, M., SARIYILDIZ, T., KÜÇÜK, M., BAYBURTLU, Ş., BİLGİLİ, 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, TÜBİTAK TOVAG Proje No 106O274, 318 s. Yavuz, H., 1995. Gövde Analizinde Ağaç Boyunun Çeşitli Yöntemlerle Hesaplanması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 45, 1, 121-136.
- YAVUZ, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövdeçapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, K.T.Ü.Orman Fakültesi, 101 s. Trabzon.
- YAVUZ, H., KÖSE, S., KALAY, H. Z., BAŞKENT, E. Z., MISIR, N., MISIR, M., ALTUN, L., SAKICI, O. E. ve KAHRİMAN, A., 2006. Titrek kavak meşcerelerinin kuruluşu, ekolojik yönden incelenmesi, artım ve büyüme ilişkileri ile amenajman esaslarının belirlenmesi, K.T.Ü. Proje No: 296, Trabzon.
- YEŞİL A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetteki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

EK 1: Örnek ağaçlara ilişkin bilgiler.

Örnek Ağaç No	Meşcere Tipi	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)	Yaş (Yıl)	Boy (m)	Göğüs Çapı (cm)	Orman İşletme Şefliği
1	Çkb3	KB	9	1210	21	7,4	15	Sarıkaya
2	Çked2	G	9	1210	122	15,4	59	Sarıkaya
3	Çked2	GB	7	1202	119	15,3	52	Sarıkaya
4	Çked2	KB	4	1203	144	14,6	47	Sarıkaya
5	Çkb3	K	5	1199	82	7,6	24	Sarıkaya
6	Çkb3	B	9	1210	34	16,7	25	Sarıkaya
7	Çkb3	G	2	1208	43	8,2	24	Sarıkaya
8	Çkbc2	GB	1	1211	50	10,6	30	Sarıkaya
9	Çkb2	GD	7	1210	62	8,4	23	Sarıkaya
10	Çkbc2	D	6	1210	56	8,9	23	Sarıkaya
11	Çkb3	GD	4	1212	49	9,4	24	Sarıkaya
12	Çkbc3	K	2	1194	53	10,8	21	Sarıkaya
13	Çkbc2	KD	3	1198	67	13,1	29	Sarıkaya
14	Çkbc3	KB	5	1190	49	13,9	27	Sarıkaya
15	Çkc2	K	4	1199	47	11,3	38	Sarıkaya
16	Çkb2	K	8	1195	47	8,1	18	Sarıkaya
17	Çkc2	K	2	1195	61	13,4	35	Sarıkaya
18	Çkc3	K	14	1221	65	12,7	30	Sarıkaya
19	Çkbc2	D	3	1222	56	14,6	32	Sarıkaya
20	Çkc2	GD	5	1094	66	14,4	36	Sarıkaya
21	Çkb3	GB	6	1195	52	12,3	24	Sarıkaya
22	Çked2	D	24	1195	72	11,7	45	Sarıkaya
23	Çkb2	GD	14	1196	56	12,6	23	Sarıkaya
24	Çkb3	KD	5	1069	44	17,3	16	Sarıkaya
25	Çkb3	GD	2	1075	48	6,1	14	Sarıkaya
26	Çkbc2	GB	5	1340	56	10,4	27	Sarıkaya
27	Çkb3	KD	2	1198	58	13	24	Sarıkaya
28	Çkbc3	KB	6	1165	78	11,6	32	Sarıkaya
29	Çkbc2	D	2	1154	61	13,5	29	Sarıkaya
30	Çkbc2	D	6	1136	67	10	26	Sarıkaya
31	Çkb2	D	3	1201	74	10,4	29	Sarıkaya
32	Çkb3	GB	2	1024	50	10,7	21	Sarıkaya
33	Çkb2	GB	7	1154	65	12,5	26	Sarıkaya
34	Çkbc3	GD	6	1187	55	11,2	33	Sarıkaya
5	Çkbc3	KB	4	1164	57	12,4	32	Sarıkaya
36	Çkbc2	K	6	1200	60	10,2	23	Sarıkaya

Örnek Ağaç No	Meşcere Tipi	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)	Yaş (Yıl)	Boy (m)	Göğüs Çapı (cm)	Orman İşletme Şefliği
37	Çkbc3	KD	3	1178	54	13,8	30	Sarıkaya
38	Çkc2	KD	6	1141	65	18	41	Sarıkaya
39	Çkc2	D	8	1154	63	9,4	36	Sarıkaya
40	Çkbc2	D	1	1136	53	12	25	Sarıkaya
41	Çkc1	D	7	1194	76	13	40	Sarıkaya
42	Çkc1	GB	4	1168	62	14,1	39	Sarıkaya
43	Çkc2	GB	1	1174	67	13,8	45	Sarıkaya
44	Çkbc2	GB	5	1162	56	11,5	33	Sarıkaya
45	Çkb2	KD	6	1169	40	8,1	17	Sarıkaya
46	Çkcd2	GB	5	1204	55	16,5	40	Sarıkaya
47	Çkb2	KD	4	1178	51	8,4	25	Sarıkaya
48	Çkb2	KB	21	1164	42	11,6	20	Sarıkaya
49	Çkb3	GD	5	1136	76	12,2	24	Sarıkaya
50	Çkcd2	G	5	1125	73	14,5	50	Sarıkaya
51	Çkbc2	B	8	1142	52	9,2	28	Sarıkaya
52	Çkb2	B	4	1134	48	6,5	20	Sarıkaya
53	Çkb2	GB	5	1156	56	7,7	24	Sarıkaya
54	Çkcd2	KB	5	1128	84	12,9	54	Sarıkaya
55	Çkbc2	KD	1	1121	60	8,7	30	Sarıkaya
56	Çkb2	D	4	1165	48	6,9	20	Sarıkaya
57	Çkb2	G	5	1163	56	10,6	24	Sarıkaya
58	Çkc2	G	6	1174	80	13,9	36	Sarıkaya
59	Çkc2	G	4	1134	93	10,8	41	Sarıkaya
60	Çkb2	GB	5	1158	56	9,1	22	Sarıkaya
61	Çkb2	GB	2	1144	76	9,7	22	Sarıkaya
62	Çkbc2	G	2	1146	87	10,4	28	Sarıkaya
63	Çkbc2	KD	3	1177	82	10	26	Sarıkaya
64	Çkbc2	KD	2	1152	84	14,4	28	Sarıkaya
65	Çkb3	K	4	1139	70	10,2	20	Sarıkaya
66	Çkb2	K	5	1148	80	11,6	24	Sarıkaya
67	Çkb2	KB	7	1111	82	10,2	24	Sarıkaya
68	Çkb2	GD	10	1174	78	8,3	24	Sarıkaya
69	Çkbc2	D	5	1199	90	10,2	24	Sarıkaya
70	Çkc2	G	5	1210	97	16,3	34	Sarıkaya
71	Çkcd1	D	9	1214	116	18,7	68	Sarıkaya
72	Çkc2	B	5	1200	102	9	38	Sarıkaya
73	Çkcd2	KB	6	1201	122	15,9	50	Sarıkaya
74	Çkcd2	KB	9	1187	117	15,7	48	Sarıkaya
75	Çkc3	GD	2	1175	98	6,7	36	Sarıkaya

Örnek Ağaç No	Meşcere Tipi	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)	Yaş (Yıl)	Boy (m)	Göğüs Çapı (cm)	Orman İşletme Şefliği
76	Çkc3	GD	5	1165	94	18,5	44	Sarıkaya
77	Çkb2	GB	2	1125	52	6	18	Sarıkaya
78	Çkb2	KB	1	1136	46	7,7	20	Sarıkaya
79	Çkbc2	KD	4	1196	78	11,7	28	Sarıkaya
80	Çkc2	B	3	1165	70	11,2	34	Sarıkaya
81	Çkc2	B	6	1144	97	16,3	34	Sarıkaya
82	Çkcd2	B	4	1154	133	13,4	56	Sarıkaya
83	Çkcd2	GD	1	1125	122	13,1	48	Sarıkaya
84	Çkcd2	GD	4	1135	127	16,8	46	Sarıkaya
85	Çkc2	GD	4	1128	106	11	38	Sarıkaya
86	Çkc2	KB	5	1178	139	14,9	38	Sarıkaya
87	Çkc2	KB	4	1198	115	10,6	38	Sarıkaya
88	Çkc2	KD	1	1185	132	14,2	40	Sarıkaya
89	Çkcd2	GB	3	1145	147	14	46	Sarıkaya
90	Çkcd2	G	6	1167	170	14,5	56	Sarıkaya
91	Çkcd1	GD	3	1134	132	13,2	44	Sarıkaya
92	Çkcd1	GB	4	1125	160	15,6	56	Sarıkaya
93	Çkcd1	B	4	1164	157	14	54	Sarıkaya
94	Çkcd2	GD	4	1172	146	16,9	52	Sarıkaya
95	Çkcd2	KB	3	1135	159	16,4	56	Sarıkaya
96	Çkc2	KD	3	1200	124	14,2	38	Sarıkaya
97	Çkc2	GB	3	1099	93	10,8	41	Sarıkaya
98	Çkcd2	GD	4	1110	130	13,2	44	Sarıkaya
99	Çkc2	GD	3	1147	115	10,6	38	Sarıkaya
100	Çkcd1	GB	4	1136	141	11,9	46	Sarıkaya
101	Çkcd2	KB	2	1125	158	14,2	54	Sarıkaya
102	Çkcd1	K	3	1197	116	14	52	Sarıkaya
103	Çkc2	K	4	1201	101	11,5	32	Sarıkaya
104	Çkcd2	K	4	1245	141	13,4	46	Sarıkaya
105	Çkcd2	GD	3	1264	109	10,2	42	Sarıkaya
106	Çkcd1	GD	4	1236	130	18,7	50	Sarıkaya
107	Çkcd1	D	5	1264	128	17,5	50	Sarıkaya
108	Çkbc2	D	6	1400	82	13	28	Sarıkaya
109	Çkcd2	D	3	1394	133	13,6	50	Sarıkaya
110	Çkc2	G	7	1402	131	14,4	40	Sarıkaya
111	Çkc2	GB	4	1305	134	14	42	Sarıkaya
112	Çkcd2	B	3	1242	132	14,2	46	Sarıkaya
113	Çkcd1	GD	9	1263	136	14,4	58	Sarıkaya
114	Çkc2	KD	7	1287	94	12,7	32	Sarıkaya

Örnek Ağaç No	Meşcere Tipi	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)	(Yıl)	Boy (m)	Göğüs Çapı (cm)	Orman İşletme Şefliği
115	Çkcd1	KD	1	1245	129	12,2	44	Sarıkaya
116	Çkcd2	KB	6	1236	124	15,1	42	Sarıkaya
117	Çkcd1	K	6	1296	130	14,2	44	Sarıkaya
118	Çkcd2	K	4	1199	122	13,8	42	Sarıkaya
119	Çkcd2	KB	6	1287	121	15,9	42	Sarıkaya
120	Çkcd2	KD	6	1283	119	14	38	Sarıkaya
121	Çkcd2	GB	4	1299	136	16	46	Sarıkaya
122	Çkcd1	GD	6	1308	152	17,2	60	Sarıkaya
123	Çkc2	G	6	1350	118	14	40	Sarıkaya
124	Çkc2	G	4	1206	120	14,5	38	Sarıkaya
125	Çkbc3	D	4	1265	114	15,1	34	Sarıkaya
126	Çkc3	GD	4	1234	126	15,5	42	Sarıkaya
127	Çkcd2	B	5	1212	144	15,2	50	Sarıkaya
128	Çkcd2	KB	7	1274	140	14,9	48	Sarıkaya
129	Çkcd2	G	1	1269	130	13,2	44	Sarıkaya
130	Çkcd1	GD	3	1234	124	13,6	42	Sarıkaya
131	Çkc3	B	6	1221	114	13,2	34	Sarıkaya
132	Çkc3	KD	3	1205	121	11,7	38	Sarıkaya
133	Çkc3	KD	4	1264	116	12,2	34	Sarıkaya
134	Çkcd2	GD	6	1291	125	12,7	44	Sarıkaya
135	Çkc2	K	7	1305	102	13,2	34	Sarıkaya
136	Çkcd2	KD	4	1311	134	13,8	46	Sarıkaya
137	Çkcd1	KB	3	1304	140	14,7	58	Sarıkaya
138	Çkc2	G	7	1299	90	11,6	32	Sarıkaya
139	Çkcd1	KD	5	1307	162	20,5	74	Sarıkaya
140	Çkc2	B	4	1305	109	15,2	36	Sarıkaya
141	Çkc2	GB	6	1305	101	12,1	32	Sarıkaya
142	Çkcd2	D	7	1310	124	13,2	44	Sarıkaya
143	Çkcd2	KD	3	1310	119	15,6	42	Sarıkaya
144	Çkcd1	GD	7	1307	139	16,1	52	Sarıkaya
145	Çkcd2	KB	4	1399	115	13,6	40	Sarıkaya
146	Çkc2	G	3	1244	89	15	34	Sarıkaya
147	Çkcd2	G	6	1301	118	13,1	42	Sarıkaya
148	Çkcd1	GD	4	1305	146	16,5	48	Sarıkaya
149	Çkc2	KB	4	1300	93	13,9	34	Sarıkaya
150	Çkc2	B	5	1294	113	14,3	40	Sarıkaya
151	Çkcd1	GB	3	1294	114	13,2	42	Sarıkaya
152	Çkbc2	KD	7	1305	84	14,1	34	Sarıkaya
153	Çkcd1	KB	6	1300	124	14,4	44	Sarıkaya

EK 2. Çalışmada kullanılan denklemlere ilişkin SAS çıktıları

Ek Şekil 1.1 M1 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear FIML Summary of Residual Errors

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	3	662	1289,1	1,9473	1,3955	0,8793	0,8789

Nonlinear FIML Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
a	0,015301	0,00120	12,74	<,0001
b	1,863891	0,2059	9,05	<,0001
c	-2,1983	0,6014	-3,65	0,0003

Number of Observations

Used	665
Missing	0

Statistics for System

Log Likelihood	-1164
----------------	-------

Ek Şekil 1.2 M2 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear FIML Summary of Residual Errors

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	2	663	2214,7	3,3404	1,8277	0,7926	0,7923

Nonlinear FIML Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
a	0,024206	0,00148	16,38	<,0001
b	0,821012	0,0824	9,97	<,0001

Number of Observations

Used	665
Missing	0

Statistics for System

Log Likelihood	-1344
----------------	-------

Ek Şekil 1.3 M3 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear FIML Summary of Residual Errors

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	4	661	1165,6	1,7633	1,3279	0,8908	0,8903

Nonlinear FIML Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
c	1,489082	0,0846	17,61	<,0001
d	0,793297	0,2156	3,68	0,0003
f	-0,52157	0,0982	-5,31	<,0001
g	-0,97059	0,0812	-11,96	<,0001

Number of Observations		Statistics for System	
Used	665	Log Likelihood	-1130
Missing	0		

Ek Şekil 1.4 M4 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear FIML Summary of Residual Errors

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	3	662	1223,3	1,8478	1,3594	0,8854	0,8851

Nonlinear FIML Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
a	14,53492	1,4134	10,28	<,0001
b	-23,132	4,9165	-4,71	<,0001
c	0,428683	0,0390	10,99	<,0001

Number of Observations		Statistics for System	
Used	665	Log Likelihood	-1146
Missing	0		

Ek Şekil 1.5 M5 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear OLS Summary of Residual Errors
(Not Converged)

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	3	662	4337,0	6,5513	2,5596	0,5938	0,5926

Nonlinear OLS Parameter Estimates (Not Converged)

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
a	27346946	31039022	0,88	0,3786
b	0,015371	0,00260	5,92	<,0001
c	-0,41904	0,0195	-21,51	<,0001

Number of Observations Statistics for System

Used	665	Objective	6,5218
Missing	0	Objective*N	4337

Ek Şekil 1.6 M6 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear OLS Summary of Residual Errors
(Not Converged)

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	2	663	1742,8	2,6287	1,6213	0,8368	0,8365

Nonlinear OLS Parameter Estimates (Not Converged)

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
b	487106	4139518	0,12	0,9064
c	0,00099	0,00419	0,24	0,8135

Number of Observations Statistics for System

Used	665	Objective	2,6208
Missing	0	Objective*N	1743

Ek Şekil 1.7 M7 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The MODEL Procedure

Nonlinear FIML Summary of Residual Errors

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	3	662	1244,5	1,8800	1,3711	0,8834	0,8831

Nonlinear FIML Parameter Estimates

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
b	15,1457	0,8577	17,66	<,0001
c	0,242165	0,00969	24,98	<,0001
d	-0,2854	0,1254	-2,28	0,0232

Number of Observations Statistics for System

Used	665	Log Likelihood	-1152
Missing	0		

Ek Şekil 1.8 M8 modeline ilişkin SAS çıktısı

Output - (Untitled)

The SAS System

The MODEL Procedure

Nonlinear OLS Summary of Residual Errors
(Not Converged)

Equation	DF Model	DF Error	SSE	MSE	Root MSE	R-Square	Adj R-Sq
h	2	663	5933,3	8,9491	2,9915	0,4443	0,4435

Nonlinear OLS Parameter Estimates (Not Converged)

Parameter	Estimate	Approx Std Err	t Value	Approx Pr > t
b	9,316315	0,9234	10,09	<,0001
c	-0,71343	0,0273	-26,16	<,0001

Number of Observations Statistics for System

Used	665	Objective	8,9222
Missing	0	Objective*N	5933

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Uğur AKBAŞ

Doğum Yeri ve Yılı: Doğanşehir/1990

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dil: İngilizce

E-posta: ugurakbas44@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise: Payas Anadolu Lisesi (2004-2007)

Dil Eğitimi: Ankara Üniversitesi Yabancı Diller Yüksek Okulu (2008-2009)

Lisans: Ç.K.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü (2009-2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Seben Orman İşletme Müdürlüğü (Orman İşletme Şefi) (2015-Halen)