

Kastamonu yöresinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi

Fadime Sağlam^{a,*} 

Öz: Çap dağılım modelleri meşcere yapısı hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada Cide ve İnebolu yörelerinde (Kastamonu) yayılış gösteren değişik yaşlı kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 266 örnek alandan elde edilen ölçümler kullanılarak çap dağılımları Gamma, Lognormal ve Weibull fonksiyonları ile modellenmiştir. Fonksiyonlara ilişkin parametreler Maksimum Olabilirlik Yöntemi'ne göre tahmin edilmiş ve en uygun fonksiyonun belirlenmesinde ise Kolmogorov-Smirnov (KS) istatistiği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Lognormal fonksiyonu örnek alanların yaklaşık %52'si için en uygun fonksiyon olarak öne çıkmıştır. Bunun yanında, Lognormal dağılım fonksiyonu parametrelerinin meşcere tiplerine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğinin test edilmesi amacıyla Varyans Analizi (ANOVA) uygulanmış ve fonksiyon parametrelerinin %95 güvenle anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, Kastamonu sahil kesimindeki değişik yaşlı kayın meşcerelerinde çap dağılım tahminleri için Lognormal olasılık yoğunluk fonksiyonunun güvenli bir şekilde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Cide, *Fagus orientalis*, İnebolu, Maksimum olabilirlik yöntemi, Olasılık yoğunluk fonksiyonu

Modelling diameter distributions in uneven-aged beech stands in Kastamonu region

Abstract: Diameter distribution models provide valuable insights into stand structure. This study aimed to model the diameter distributions of uneven-aged oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) stands located in the Cide and İnebolu regions of Kastamonu Province. For this purpose, measurements obtained from 266 sample plots were used to fit Gamma, Lognormal, and Weibull probability density functions. The parameters of the functions were estimated using Maximum Likelihood Method and the Kolmogorov-Smirnov (KS) statistic was used to determine the most appropriate function. Based on evaluations using the KS statistic, the Lognormal function was found to provide the best fit in terms of estimation accuracy. In addition, analysis of variance (ANOVA) was performed to determine whether the parameters of the Lognormal function significantly differed among different stand types, and it was found that the parameters varied significantly at the 95% confidence level. As a result, Lognormal probability density functions can be reliably used for predicting diameter distributions in uneven-aged beech stands along the coastal region of Kastamonu.

Keywords: Cide, *Fagus orientalis*, İnebolu, Maximum likelihood method, Probability density function

1. Giriş

Meşcerelerdeki ağaçların günümüzdeki ve gelecekteki çap dağılımları meşcere yapılarının ortaya konulmasındaki temel göstergelerden biri olarak kabul edilmektedir (Bailey ve Dell, 1973; Maltamo, 1997; Gorgoso vd., 2007; Kahrman ve Yavuz, 2011). Meşcerelere ilişkin çap dağılımları, çeşitli fonksiyonlar ile modellenerek ormanların işletme amacına bağlı olarak planlanmasında, üretim amacıyla işletilen ormanlarda elde edilecek ürün çeşitlerinin tahmininde ve ekolojik fonksiyonlu ormanlarda ise ekolojik faktörlerin dikkate alınarak ormanların bu amaca göre planlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir (van Laar ve Akça, 2007; Kahrman ve Yavuz, 2011; Sakıcı ve Dal, 2021). Bu sebeple çap dağılımlarının modellenmesi, planlama çalışmalarında ve bu çalışmalara ilişkin karar verme süreçlerinde oldukça önemli bilgiler sunmaktadır.

Çap dağılım modelleri, çeşitli olasılık yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak meşcerede yer alan ağaçların çap

basamaklarına dağılımını modellemeye imkân sağlayarak meşcere yapısına ilişkin önemli bir perspektif sunarlar (Loetsch vd., 1973; Gorgoso vd., 2007). Bunun yanında, çap dağılım modelleri kullanılarak her bir çap basamağında bulunan birim alandaki hacim, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, karbon stoğu ve biyokütle miktarları gibi önemli tahminler elde edilebilmektedir (Kangas ve Maltamo, 2000; Poudel ve Cao, 2013).

Meşcerelere ilişkin çap dağılımları çoğunlukla olasılık yoğunluk fonksiyonları (probability density functions) aracılığıyla modellenmeye çalışılmaktadır (Rennolls vd., 1985; Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Poudel ve Cao, 2013). Teorik dağılım fonksiyonları olan olasılık yoğunluk fonksiyonları, ormancılıkta toplam ağaç sayısının oransal olarak çap basamaklarına dağılımını modellemekte kullanılmaktadır (Vanclay, 1994; Burkhart ve Tomé, 2012). Ormancılık araştırmalarında çap sınıfı modellerinin geliştirilmesi amacıyla sıklıkla tercih edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları; Gamma, Beta, Normal, Lognormal,

^a Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): fsaglam@kastamonu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.07.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 06.08.2025



Citation (Atıf): Sağlam, F., 2025. Kastamonu yöresinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 26(3): 269-276. DOI: [10.18182/tjf.1731355](https://doi.org/10.18182/tjf.1731355)

Johnson SB ve Weibull dağılım fonksiyonlarıdır (Bailey ve Dell, 1973; Maltamo, 1997; Carus ve Çatal, 2008; Sakıcı, 2021). Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametre tahminlerinin yapılmasında ise iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar “Parametre Tahmin (Parameter Prediction)” ve “Parametre Çözümleme (Parameter Recovery)” yaklaşımlarıdır (Vancley, 1994; Burkhart ve Tomé, 2012). Çap dağılım modellerine ilişkin parametre değerlerinin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi, modelin başarısına doğrudan katkı sunmaktadır. 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 ise; (i) Momentler yöntemi ve (ii) Yüzdele yöntemi olarak iki alt gruba ayrılmaktadır (Poudel ve Cao, 2013).

Türkiye’de çap dağılım modellerinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar; Doğu kayını (Carus, 1996; Seki, 2022), dişbudak (Yavuz vd., 2002), kızılçam (Carus ve Çatal, 2008; Çatal ve Güneş, 2016; Özçelik vd., 2016), Doğu ladini (Sönmez vd., 2010; Sönmez vd., 2015), karaçam (Carus ve Çatal, 2011; Sakıcı vd., 2016; Şahin, 2023; Seki ve Sakıcı, 2024; Alkan, 2025), Duglas göknarı (Özdemir, 2016), fıstıkçamı (Sivrikaya ve Karakaş, 2020), sarıçam (Sakıcı ve Dal, 2021) ve değişik yaşlı Kazdağı göknarı (Sakıcı, 2021) türlerinden oluşan saf meşcereler ile Doğu ladini-sarıçam (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Ercanlı vd., 2013), sarıçam-Doğu kayını (Kahriman ve Yavuz, 2011), göknar-sarıçam (Sakıcı ve Gülsunar, 2012) ve meşe (Özçelik vd. 2022) karışık meşcerelerini kapsamaktadır. Ayrıca, Kestel Orman İşletme Şefliği (Bolat ve Ercanlı, 2017) ile Of Orman İşletme Müdürlüğü’ndeki saf ve karışık meşcereler (Şahin ve Ercanlı, 2023) için de çap dağılım modelleri geliştirilmiştir.

Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) yayılış alanı ve sahip olduğu dikili ağaç serveti bakımından Türkiye’deki asli orman ağaç türlerinden biridir. Türkiye’de 1,6 milyon hektarı verimli olmak üzere toplamda 1,9 milyon hektarlık alanda yayılış gösteren kayın ağaç türü yapraklı ağaç türleri içerisinde meşeden sonra en fazla yayılış gösteren ikinci tür konumundadır (OGM, 2022). Gerek ekonomik gerekse

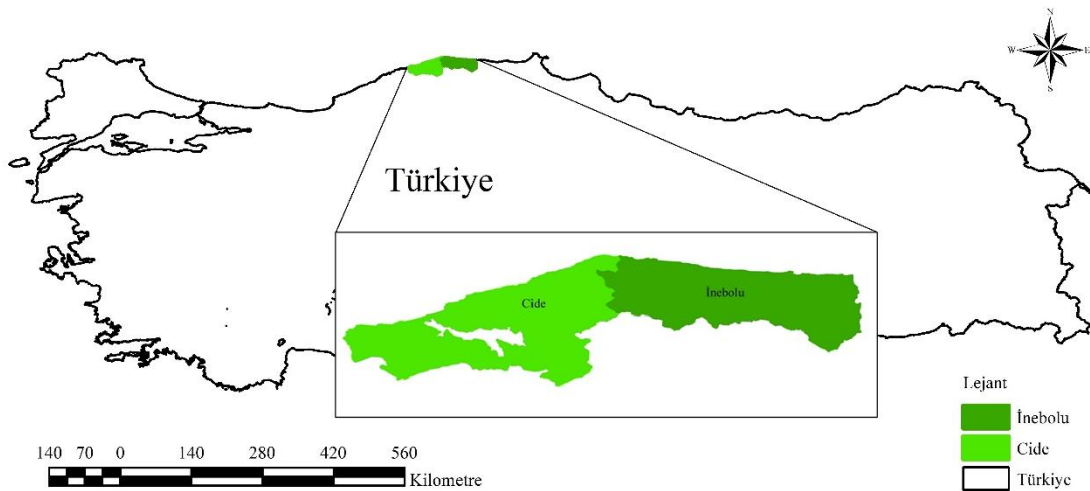
ekolojik bakımdan önemli bir yere sahip kayın ağaç türünde yapılacak çalışmalar önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide ve İnebolu Orman İşletme Müdürlüklerinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi amaçlanmıştır. Ülkemizde, değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarının modellenmesi üzerine yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlı olup çalışma bu bakımdan önem kazanmaktadır. Bu sebeple Gamma, Lognormal ve Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak ilgili meşcereler için çap dağılımları modellenmiş ve geliştirilen modeller karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda en başarılı tahmin sunan fonksiyona ilişkin model parametreleri ile meşcere tipleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Cide ve İnebolu Orman İşletme Müdürlükleri’nde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Türkiye ormanları 23,4 milyon hektarlık bir alanı kaplamakta olup bu ormanların %32’si yapraklı ağaç türlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanının ise %66’sı ormanlık alanlarla kaplı olup, başlıca ağaç türleri çam, kayın ve göknardır (Sakıcı, 2021; OGM, 2024).

Bu çalışma kapsamında 266 örnek alandan elde edilen çap ölçümleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Alınan örnek alanlardan 97 adedi KnA, 20 adedi KnB, 43 adedi KnC ve 106 adedi KnD meşcere tipinde yer almaktadır (Şekil 2). Yapılan çalışmada, Gamma (Gamma-2p), Weibull (Weibull-2p) ve Lognormal dağılım olmak üzere 3 farklı olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak Cide ve İnebolu yörelerindeki değişik yaşlı kayın meşcereleri için çap dağılımları modellenmeye çalışılmıştır. Bu fonksiyonlara ilişkin eşitlikler Çizelge 1’de görülmektedir. Modellere ilişkin parametre tahminleri Maksimum Olabilirlik Yöntemi kullanılarak R (version 4.5.0) yazılımındaki “*fitdistrplus*” paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (R Core Team, 2025).



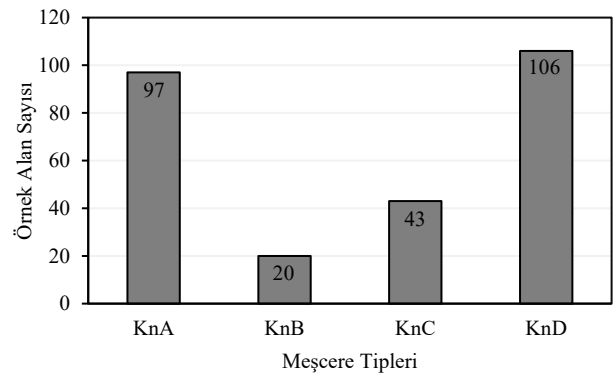
Şekil 1. Çalışma Alanı
Figure 1. Study Area

Örnek alanlarda olasılık yoğunluk fonksiyonları için yapılan parametre tahminlerinin o örnek alana uygunluğunun ve başarısının ortaya konulması için Kolmogorov-Smirnov (KS) istatistiği kullanılmıştır. Bu amaçla test edilen üç olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerinin her bir örnek alan için tahmin edilmesinden sonra örnek alanlara ilişkin en başarılı fonksiyonlara karar vermede kullanılan KS için bir sıralama yapılarak en başarılı olanın ortaya konulması gerekmektedir. Bu amaçla sıralama yapılırken en başarılı fonksiyona 1 değeri verilirken, en başarısız fonksiyona ilişkin değer 3 (model sayısı 3 olduğu için) olmaktadır. Bu şekilde her bir örnek alan için en uygun olan fonksiyon belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda meşcere tiplerine bağlı olarak başarı durumlarının değişip değişmediği Ki-kare (χ^2) testi ile test edilmiş olup, en başarılı fonksiyona ilişkin parametreler ile meşcere tipleri arasında bir ilişkin olup olmadığı ise Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve tartışma

Yapılan çalışma kapsamında 266 örnek alandan elde edilen veriler kullanılarak Cide ve İnebolu yörelerindeki değişik yaşlı kayın meşcerelerinin çap dağılımları modellenmiştir. Bu kapsamda üç adet olasılık yoğunluk fonksiyonuna ilişkin parametreler tahmin edilmiştir. Her örnek alan için yapılan parametre tahminleri Kolmogorov-Smirnov (KS) istatistiği kullanılarak karşılaştırılmış ve en başarılı tahmin sunan olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlenmiştir. Her bir fonksiyona ilişkin KS istatistik ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Cide ve İnebolu yörelerinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcereleri için KS istatistiğine göre; Gamma fonksiyonu 35 kez, Lognormal fonksiyonu 137 kez ve Weibull fonksiyonu 94 kez ilk sırayı almıştır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları KS istatistiğine göre başarı ortalamaları (R) bakımından değerlendirildiğinde ise Lognormal fonksiyonu ($R=1,8$) ilk sırayı alırken Gamma ve Weibull ($R=2,1$) fonksiyonları ikinci sırayı paylaşmışlardır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları için sıralama dağılımları (1., 2. ve 3. sıralar) ile ortalama başarı sırası değerleri Şekil 3’te verilmiştir. Tüm örnek alanlara ilişkin olarak yapılan bu değerlendirme ile Lognormal fonksiyonunun en başarılı fonksiyon olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Örnek alanların meşcere tiplerine dağılımları
Figure 2. Distribution of sample plots by stand types

Çizelge 1. Çap dağılım modellemesinde kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları

Table 1. Probability density functions used in diameter distribution modelling

Dağılım	Olasılık yoğunluk fonksiyonu	Açıklamalar
Gamma (Nelson, 1964)	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{x}{\beta}}$	α, β : Parametreler $\Gamma(\alpha)$: Gamma fonksiyonu $\alpha > 0, \beta > 0$
Lognormal (Bliss ve Reinker, 1964)	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right)}$	μ, σ : Parametreler
Weibull (Schreuder ve Swank, 1974)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$	α, β : Parametreler $\alpha > 0, \beta > 0$

Çizelge 2. Olasılık yoğunluk fonksiyonları ve meşcere tiplerine ilişkin KS ortalamaları*

Table 2. KS mean values for probability density functions and stand types*

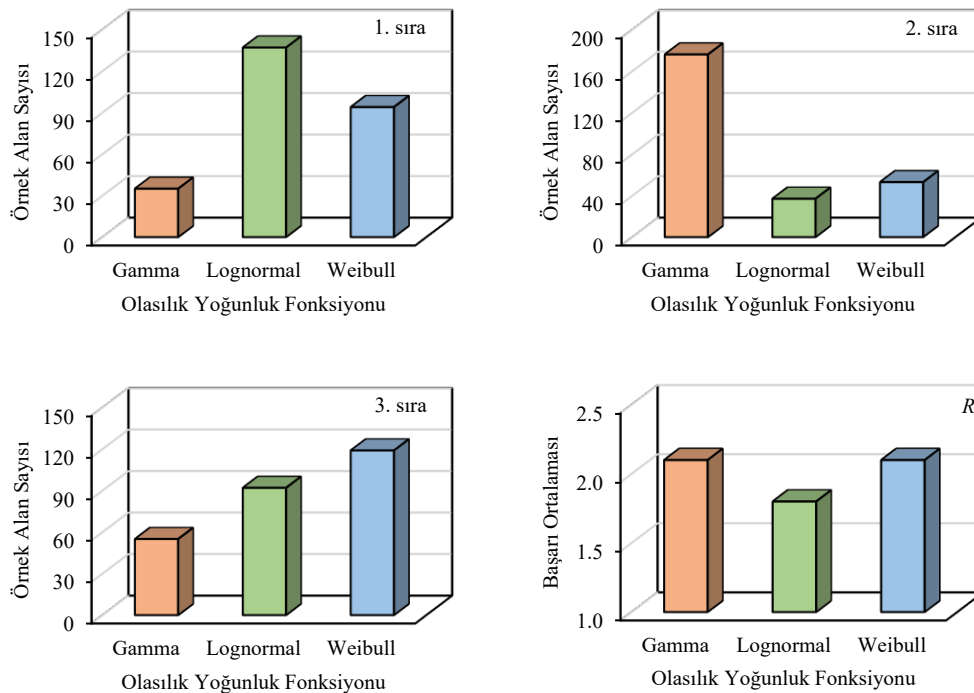
Model	KnA	KnB	KnC	KnD
Gamma	0,1739 (0,0511)	0,1705 (0,0568)	0,1348 (0,0363)	0,1665 (0,0519)
Lognormal	0,1707 (0,0506)	0,1562 (0,0549)	0,1346 (0,0369)	0,1619 (0,0492)
Weibull	0,1729 (0,0483)	0,1754 (0,0510)	0,1423 (0,0396)	0,1693 (0,0492)

*Parantez içindeki değerler standart sapma değerlerini ifade etmektedir. The values in brackets represent the standard deviation values.

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının meşcere kuruluşlarına göre yapılan değerlendirmelerinde KnA meşcereleri için Gamma fonksiyonunun 10 kez, Lognormal fonksiyonunun 50 kez ve Weibull fonksiyonunun ise 37 kez ilk sırayı aldığı tespit edilmiştir. KnB meşcerelerinde Gamma fonksiyonu 2 kez, Lognormal fonksiyonu 13 kez ve Weibull fonksiyonu ise 5 kez ilk sırayı almıştır. KnC ve KnD meşcerelerinde ise sırasıyla Gamma fonksiyonu 9 ve 14 kez, Lognormal fonksiyonu 19 ve 55 kez, Weibull fonksiyonu ise 15 ve 37 kez ilk sırayı almışlardır (Çizelge 3, Şekil 4).

Şekil 4 ve Çizelge 3 incelendiğinde dört meşcere kuruluşu için de Lognormal fonksiyonunun en başarılı fonksiyon olduğu görülmektedir. Lognormal fonksiyonu

KnA ve KnD meşcere tiplerinden alınan örnek alanların %52'sinde, KnB ve KnC meşcere tiplerinden alınan örnek alanların ise sırasıyla %65 ve %44'ünde tahmin bakımından öne çıkmıştır. Weibull dağılımı ise tüm meşcere kuruluşlarında Lognormal dağılımından sonra ikinci sırayı almaktadır. Gamma fonksiyonunun tüm meşcere kuruluşlarında ilk sırayı alma sayısı diğer dağılımlardan düşük olup, bu bakımdan değerlendirildiğinde son sırada yer almaktadır. Bunun yanında meşcere tipleri ile en başarılı olma durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı Ki-kare testi ile incelenmiş ve χ^2 sonuçlarına göre; meşcere tipi, dağılım modelleri arasında en iyi olma durumunu anlamlı şekilde etkilemiştir ($p<0,05$).



Şekil 3. Tüm örnek alanlarda fonksiyonlara ilişkin sıralama frekansları

Figure 3. Ranking for functions in all sample plots

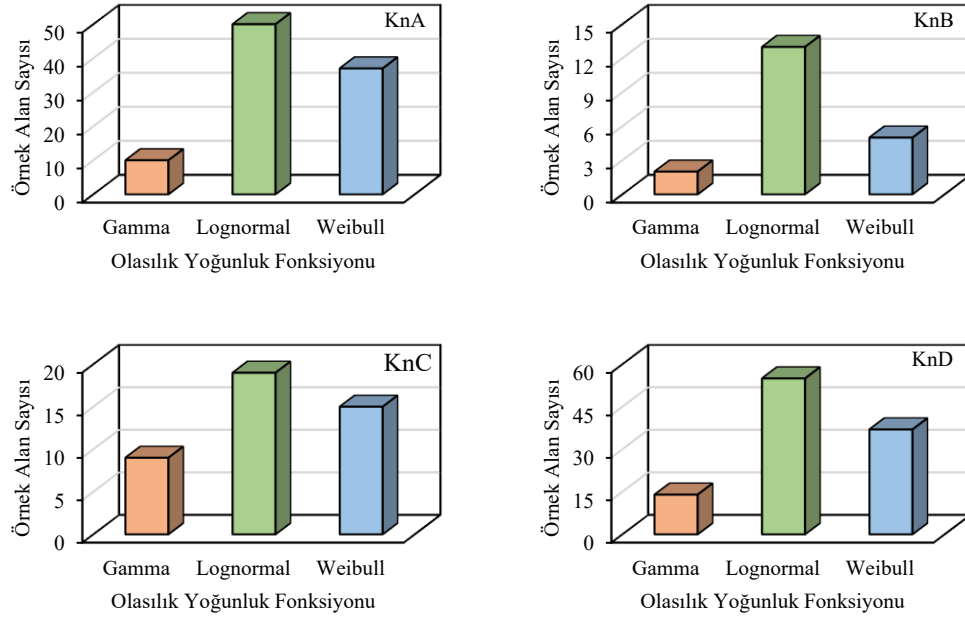
Çizelge 3. Meşcere tiplerine göre fonksiyonların başarı sıralamaları

Table 3. Ranking for functions according to stand types

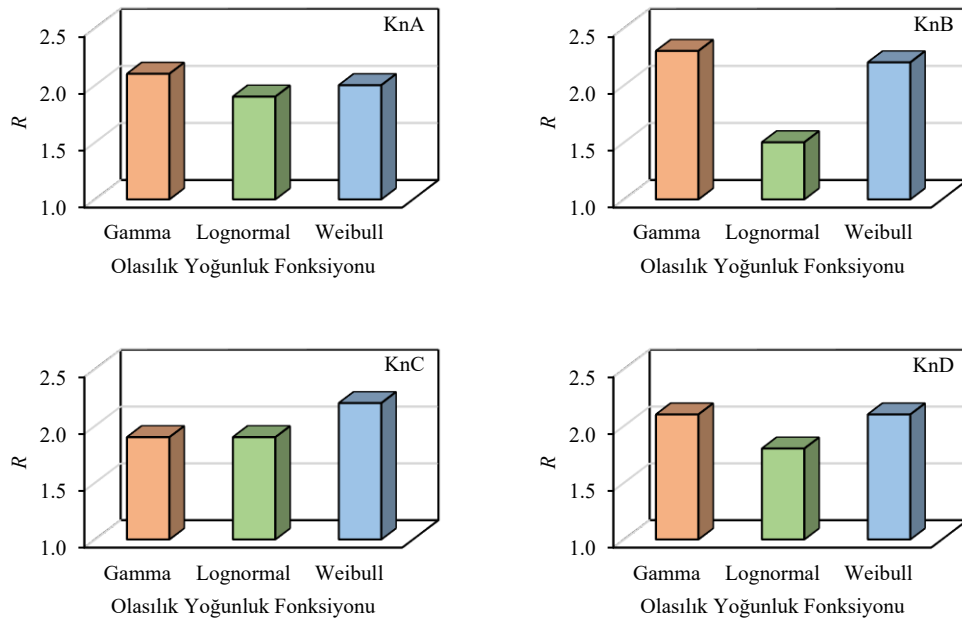
Meşcere	Model	1	2	3
KnA	Gamma	10	68	19
	Lognormal	50	9	38
	Weibull	37	20	40
KnB	Gamma	2	10	8
	Lognormal	13	4	3
	Weibull	5	6	9
KnC	Gamma	9	29	5
	Lognormal	19	8	16
	Weibull	15	6	22
KnD	Gamma	14	69	23
	Lognormal	55	16	35
	Weibull	37	21	48

Çalışmaya konu meşcerelerde en başarılı fonksiyona ilişkin değerlendirmelerde kullanılan KS istatistiğine ilişkin ortalamalar ise Şekil 5'te verilmiştir. Meşcere kuruluşlarına ilişkin KS istatistik ortalamaları incelendiğinde Lognormal dağılımı KnA, KnB ve KnD meşcerelerinde en düşük sıralama (R) değerlerini (KnA için 1,9, KnB için 1,5 ve KnD için 1,8) alarak en başarılı fonksiyon olmuştur. KnC meşcerelerinde ise Lognormal ve Gamma fonksiyonları eşit ortalama değeri ($R=1,9$) ile ilk sırayı paylaşmışlardır. Weibull fonksiyonu KnA ve KnB meşcerelerinde ikinci sırayı alırken, KnD meşcerelerinde ise Weibull ve Gamma dağılımları eşit ortalamaya sahip olarak benzer başarı sergilemişlerdir.

Lognormal fonksiyonunun parametreleri meşcere tipine göre incelendiğinde (Çizelge 4), tüm parametrelerin meşcere tiplerine göre anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). μ ve σ parametrelerinin tüm veri setine ilişkin ortalama değerleri sırasıyla 3,0093 ve 0,5190'dır. Bu sonuca göre, daha güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için, Cide ve İnebolu yörelerinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcerelerinde çap dağılım modellerinin parametre tahminlerinin her meşcere tipi için ayrı ayrı yapılması gerektiği söylenebilir.



Şekil 4. Meşcere tiplerine göre en başarılı bulunan fonksiyonlara ilişkin frekanslar
Figure 4. Frequencies of the best functions according to stand types



Şekil 5. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının meşcere tiplerine göre başarı ortalamaları
Figure 5. Mean rank of functions according to stand types

Elde edilen sonuçlar bütünleşik olarak incelendiğinde; Cide ve İnebolu yörelerinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcereleri için en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonu 137 kez ilk sırayı alan Lognormal fonksiyonu olmuştur. Her meşcere tipini temsilen seçilen birer adet örnek alanda gözlenen ve Lognormal olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen çap değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 6). Şekil incelendiğinde gözlenen ve tahmin edilen çap dağılımlarının benzer olduğu söylenebilmektedir.

Türkiye’de yayılış gösteren bazı ağaç türlerinde çap dağılımlarının modellenmesi konusunda çalışmalar yapılmış ve en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonları belirlenmiştir. Doğu kayını (Carus, 1996), karaçam (Sakıcı vd., 2016) ve kızılçam (Çatal ve Güneş, 2016) meşcereleri için Gamma dağılımı; Dişbudak (Yavuz vd., 2002) ve sarıçam (Ercanlı ve Yavuz, 2010) meşcereleri için Weibull dağılımı; Doğu Karadeniz göknarı (Sakıcı ve Gülsunar, 2012) için Üstel ve Weibull dağılımları, Doğu ladini (Sönmez vd., 2015) meşcerelerinin farklı yaş ve bonitet sınıfları için Beta, Johnson SB ve Weibull dağılımları, Doğu ladini (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Sönmez vd., 2010), Doğu kayını ve sarıçam (Kahriman ve Yavuz, 2011), kızılçam (Özçelik vd., 2016), sarıçam (Sakıcı ve Dal, 2021) ve değişik yaşlı göknar (Sakıcı, 2021) meşcereleri için ise Johnson SB dağılımı en başarılı fonksiyonlar olarak öne çıkmıştır. Bununla birlikte; kızılçam (Carus ve Çatal, 2008) ve karaçam (Carus ve Çatal, 2011)

meşcerelerine ilişkin çap dağılımlarının modellenmesi üzerine yapılan çalışmalarda bu çalışma kapsamında elde edilen sonuca paralel olarak Lognormal dağılımı başarılı bulunmuştur.

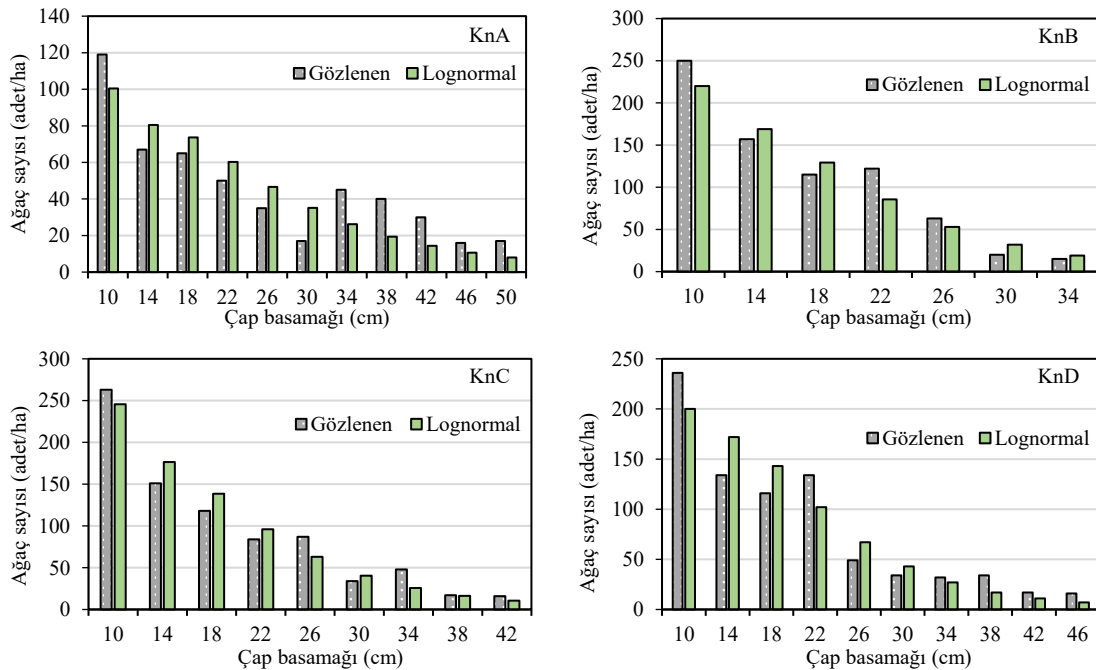
Uluslararası çalışmalar incelendiğinde, *Azadirachta indica* A. Juss. plantasyonlarındaki çap dağılımlarını modellemeye Lognormal dağılımını başarılı fonksiyon olarak bulan Nanang (1998) ve doğal ormanlardaki çap dağılımının modellenmesinde Lognormal dağılımının Gamma ve Weibull dağılımlarından daha uygun olduğunu tespit eden Sheykholeslami vd. (2011) tarafından da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, Ogana ve Abvage (2018) Ikrigon ormanlarında yaptıkları çalışmada Lognormal ve Gamma dağılımlarını başarılı bulmuşlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmada Gamma ve Lognormal fonksiyonların, pozitif çarpık çap dağılımı verilerini tanımlamakta esnek olduğunu belirtmişler ve doğal ormanlarda bu durumun gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Cide ve İnebolu yörelerinde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcerelerinde de asimetric ve çarpık yapıyla Lognormal fonksiyonunun gerçek çap dağılımlarını başarılı bir şekilde temsil ettiği düşünülmektedir. Değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarının modellenmesi üzerine yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır (Sakıcı, 2021). Bu çalışmada değişik yaşlı kayın meşcerelerinde çap dağılımları modellenerek de literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4. Farklı meşcerelerde Lognormal fonksiyonun parametreleri için ANOVA sonuçları*

Table 4. ANOVA results for the parameters of the Lognormal function in stand types*

Meşcere tipi	μ		σ	
	Ortalama	p	Ortalama	p
KnA	3,1389 ^a	<0,001	0,5866 ^a	<0,001
KnB	2,7187 ^b		0,4317 ^b	
KnC	2,8975 ^c		0,4702 ^{bc}	
KnD	2,9909 ^c		0,4943 ^c	

*Tablodaki üst simgeler homojen grupları ifade etmektedir. Homogeneous groups are indicated by superscripts in the table.



Şekil 6. Gözlenen ve Lognormal fonksiyonu kullanılarak tahmin edilen çap dağılımları
Figure 6. Diameter distributions observed and predicted by the Lognormal function

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada Kastamonu sahil kesiminde yayılış gösteren değişik yaşlı kayın meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi amaçlanmış olup, 266 örnek alandan elde edilen veriler kullanılarak Gamma, Lognormal ve Weibull fonksiyonları ile çap dağılımları modellenmiştir. Kolmogorov-Smirnov istatistiğine bağlı olarak yapılan sıralamada en başarılı dağılım Lognormal dağılım fonksiyonu olmuştur. Ayrıca Lognormal fonksiyonunun parametreleri meşcere tiplerine bağlı olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p < 0,05$).

Çap dağılım modelleri meşcere yapısı hakkında önemli bilgiler sunan modellerdir. Bu sebeple çap dağılım modellerinin farklı yöreler ve türler için de araştırılması, meşcere çap dağılımlarının ve meşcere yapılarına ilişkin tahminlerin güvenilirliği açısından oldukça önemlidir. Bunun yanında çap dağılımlarına ilişkin fonksiyon parametreleri farklı ekolojik bölgelerde ve farklı meşcere tiplerinde anlamlı değişkenlik gösterebildiğinden çap dağılım modellerinde bu farklılıkların dikkate alınması oldukça önemli olmaktadır.

Açıklama

Çalışma verilerinin elde edilmesinde sağladıkları katkılardan dolayı Orman Genel Müdürlüğü'nün değerli personeline teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alkan, O., 2025. Evaluating optimal percentile pairs for a Weibull-based diameter distribution in European black pine stands. *Dendrochronologia*, 91: 126341.
- Bailey, R. L., Dell, T. R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, 19(2): 97-104.
- Bliss, C. I., Reinker, K. A., 1964. A lognormal approach to diameter distributions in even-aged stands. *Forest Science*, 10(3): 350-360.
- Bolat, F., Ercanlı, İ., 2017. Modeling diameter distributions by using Weibull function in forests located Kestel-Bursa. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1): 107-115.
- Burkhardt, H. E., Tomé, M., 2012. *Modeling forest trees and stands*. Dordrecht, Springer, New York.
- 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., 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. 4th International Conference on Mediterranean Pines, Haziran 6-10, Avignon, France, pp. 101-101.
- 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.
- 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., Bolat, F., Kahrman, 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*, 24-26 October, Artvin, Turkey pp. 119-126.
- Gadow, K.V., Hui, G., 1999. *Modeling forest development*. Dordrecht, Springer, the Netherlands.
- 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.
- Kahrman, 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.
- Kangas, A., Maltamo, M., 2000. Calibrating predicted diameter distribution with additional information. *Forest Science*, 46(3): 390-396.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E., 1973. *Forest inventory*. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- 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.
- Nanang, D.M., 1998. Suitability of the normal, lognormal and Weibull distributions for fitting diameter distributions of neem plantations in Northern Ghana. *Forest Ecology and Management*, 103(1): 1-7.
- Nelson, T. C., 1964. Diameter distribution and growth of loblolly pine. *Forest Science*, 10: 105-115.
- OGM, 2022. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler/Ormancilik-Istatistikleri/Ormancilik-Istatistikleri-2022.zip>, Erişim: 18.04.2025.
- OGM, 2024. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler/Ormancilik-Istatistikleri/Ormancilik-Istatistikleri-2024.zip>, Erişim: 26.06.2025.
- Ogana, F.N., Abwage, W.D., 2018. Comparison of Gamma, Lognormal and Weibull functions for characterising tree diameters in natural forest. *Journal of Forestry Research and Management*, 15(2): 33-43.
- Özcelik, R., Fidalgo Fonseca, T. J., Parresol, B. R., Eler, Ü., 2016. Modeling the diameter distributions of Brutian pine stands using Johnson's SB distribution. *Forest Science*, 62(6): 587-593.
- Özcelik, R., Cao, Q. V., Kurnaz, E., Koparan, B., 2022. Modeling diameter distributions of mixed-oak stands in northwestern Turkey. *Cerne*, 28(1): e-102991.
- Özdemir, G., 2016. Modelling the diameter distributions of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2): 548-558.
- Poudel, K. P., Cao, Q. V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2): 243-252.
- R Core Team, 2025. R: A language and environment for statistical computing. URL <http://www.R-project.org/>. R Studio: Integrated development for R. URL <http://www.rstudio.com>.
- 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.
- 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*, 7-10 December, Kastamonu, Turkey, pp. 521-535.
- Sakıcı, O. E., 2021. A comparison of diameter distribution models for uneven-aged Kazdağı Fir stands in Kastamonu Region of Turkey. *Global Conference on Engineering Research (GLOBECER'21)*, 2-5 June, Balıkesir, Turkey, pp. 578-590.

- Sakıcı, O. E., Dal, E., 2021. Kastamonu yöresi sarıçam meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesi ve çeşitli meşcere özellikleri ile ilişkilerinin belirlenmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(3): 1026-1041.
- Schreuder, H. T., Swank, W. T., 1974. Coniferous stands characterized with the Weibull distribution. Canadian Journal of Forest Research, 4(4): 518-523.
- Seki, M., 2022. Determination of relationships between stand variables and parameters of Weibull function for *Fagus orientalis* Libsky stands. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 22 (1): 68-77
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2024. Kastamonu ve Sinop bölgesi karaçam meşcereleri için çap dağılımlarının ekorejyon bazlı incelenmesi. Turkish Journal of Forestry, 25(4): 408-422.
- Sheykholeslami, A., Kia Pasha, Kh., Kia Lashaki, A., 2011. A study of tree diameter distribution classes in natural forests of Iran (Case study: Liresara forest). Annals of Biological Research, 2(5): 283-290.
- Sivrikaya, F., Karakaş, R., 2020. Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 364-372.
- Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., Şahin, A., 2010. Saf Doğu ladini meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, Türkiye, s. 388-398.
- 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.
- Şahin, A., 2023. Çap dağılımlarının yapay sinir ağları ile modellenmesinde farklı ağ yapılarının tahmin başarılarının karşılaştırılması: Bolu-Mengen Anadolu karaçam meşcereleri örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2): 61-69.
- Sahin, A., Ercanlı, I., 2023. An evaluation of various probability density functions for predicting diameter distributions in pure and mixed-species stands in Türkiye. Forest Systems, 32(3): e016.
- Vancly, J. K., 1994. Modeling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford.
- Van Laar, A., Akça, A., 2007. Forest mensuration. Dordrecht: Springer, Netherlands.
- 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 ögeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul, Türkiye, s. 203-211.