

## Modelling the diameter distributions of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands

Gafura Aylak Özdemir <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Forest Yield and Biometry, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey

\* Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): [gafura@istanbul.edu.tr](mailto:gafura@istanbul.edu.tr)

Received (Geliş): 30.11.2015 - Revised (Düzeltilme): 30.12.2015 - Accepted (Kabul): 31.12.2015

**Abstract:** In this study, diameter distributions of Amance and Vallombrosa origin stands of Douglas fir were intended modelling with two parameter Weibull probability density function having shape and scale parameters for different age periods. Periodic diameter at breast height measurements evaluated in different age periods in permanent plots of planted Amance and Vallombrosa origin stands of Douglas fir in Belgrade forest Topuzlu Bend location for cultivating and investigating yield with periodic measurement of Douglas fir in Turkey by Istanbul University Faculty of Forestry Forest Yield and Economics Department were based on modelling diameter distributions. Theoretical Weibull diameter distributions were obtained with estimating the parameters of Weibull probability density function by maximum likelihood method for each origin and age periods. The suitability of observed diameter distribution of plots to theoretical Weibull diameter distribution was tested by method of Komogorov-Simirnov at 0.05 significant level. Diameter distributions obtained from plots show suitable for two parameter theoretical Weibull probability distribution, in other words it was concluded that diameter distribution of Amance and Vallombrosa origin stands of Douglas can be represented by Weibull distribution for each periods.

**Keywords:** Weibull distribution, scale parameter, shape parameter, Belgrad forest, Kolmogorov-Simirnov

## Duglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesi

**Özet:** Bu çalışmada Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin değişik yaş periyotlarındaki çap dağılımlarının şekil ve ölçek parametrelerine sahip iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile modellenmesi amaçlanmıştır. Çap dağılımlarının modellenmesinde İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Hasılatı ve İktisadi kürsüsünce, duglas türünün Türkiye’de yetiştirilmesi ve periyodik ölçmelerle veriminin araştırılması amacıyla Belgrad ormanı Topuzlu Bend bölgesinde dikim yoluyla oluşturulan Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinden alınan devamlı deneme alanlarında değişik yaş periyotlarında gerçekleştirilen periyodik göğüs çapı ölçümleri esas alınmıştır. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleri maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilerek, iki orijin için her yaş periyotundaki Weibull kuramsal çap dağılımları elde edilmiştir. Deneme alanlarında gözlemlenen çap dağılımının, Weibull kuramsal çap dağılımına uygunluğu Kolmogorov-Simirnov yöntemi ile  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde test edilmiştir. Deneme alanlarından elde edilen çap dağılımının, kuramsal iki parametrelili Weibull olasılık dağılımına uygun olduğu, diğer bir ifadeyle tüm yaş periyotları için Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile temsil edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Weibull dağılımı, ölçek parametresi, şekil parametresi, Belgrad ormanı, Kolmogorov-Simirnov

### 1. GİRİŞ

Duglasların anavatanı Kuzey Amerika’nın batısı ile Doğu Asya olup değişik tür ve varyeteleri bulunmaktadır. Bu türlerden ormancılık açısından en önemlisi *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Adi Duglas) dir. Duglaslar doğal yayılış alanlarında 80-90 metre boy, 2,5 - 4 metre çap ölçülerine ulaşabilen hızlı büyüyen ve kıymetli odun ürünü veren Gymnospermae örneklerindedir. Duglasların hızlı büyümeleri

**Cite (Atf) :** 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. DOI: [10.17099/jffiu.69022](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.69022)



ve odunlarının kıymetli oluşu nedeniyle doğal yayılış alanları dışında özellikle Avrupa'da 100 yılı aşkın bir süredir yapay olarak yetiştirilmesine büyük önem verilmiştir (Kayacık, 1980).

Avrupa'nın değişik ülkelerinde geniş alanlar halinde denenen duglas plantasyonları için oluşturulan hasılat tablosu verilerine göre özellikle Yeşil Duglas olarak bilinen varyetesinin iyi yetişme ortamlarında Almanya'da 30. ve 50. yaşta 14.8 ve 20.0 m<sup>3</sup>/ha, İngiltere'de ise 30. ve 50. yaşlarda 20.7 ve 24.0 m<sup>3</sup>/ha genel ortalama hacim artımına sahip olduğu bildirilmektedir (Asan, 1989).

Duglasların ülkemize ilk gelişi 1951 yılında Orman Hasılatı ve İktisadi Kürsüsü başkanı Prof.Dr. Fehim FIRAT tarafından Fransa ve İtalya'dan getirilen tohumların Bahçeköy Orman fidanlığına ekilmesi ile gerçekleştirilmiştir. 1951 yılında ekilen tohumlardan elde edilen 1/1 yaşlı fidanlar, Ayancık Orman İşletmesi, Çangal serisindeki iki bölmeye 2 m\* 2 m aralıkla, 1/2 yaşlı fidanlar ise 1.5 m\* 1.5 m aralıkla Belgrad Ormanı Topuzlu Bend yanındaki araziye dikilmiştir (Akalp, 1982). Daha sonraki yıllarda, ülkemizde Marmara ve Karadeniz bölgesinde, İstanbul-Alemdağ, Sapanca, Kerpe, Düzce, Çenedağ, Ereğli, Devrek, Sinop, Zonguldak, Giresun, Tonya, Maçka, Ünye yörelerinde duglas denemeleri kurulmuş ve bu denemelere ait çeşitli silvikültürel ve hasılat sonuçları yayınlanmıştır (Şimşek, 1979; Şimşek, 1982; Erkuloğlu, 1982).

Asan (1989) Ayancık – Çangal yöresinde tesis edilen duglas meşcerelerine ait hasılat parametrelerini hesaplamış ve bu parametreleri Fransa, İngiltere ve Almanya'daki duglas meşcereleri için düzenlenen hasılat tabloları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda duglasın kendisinden beklenen artım ve büyümeyi Çangal yöresinde gösteremediğini, bu durumun bu yörenin duglas için uygun bir yetişme ortamı olmadığı yanında verim üzerinde büyük bir payı olan tohum orijininin kaynaklandığını Şimşek (1979)'e atfen bildirmiştir.

Orman kaynaklarının planlanabilmesi ve işletme faaliyetlerinin yürütülebilmesi için bu kaynakların artım ve verim potansiyellerinin ortaya konması gerekmektedir. Devamlı ya da geçici örnek alanlardan sağlanan veriler ile oluşturulacak artım ve büyüme modelleri, orman kaynaklarının artım ve verim potansiyellerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Akalp, 1983). Büyüme modelleri, gelecekteki üretim miktarının tahmin edilmesinde, uygulanacak silvikültürel işlemlerin meşcere yapısı ve üretim gücü üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde ve ormanların işletme faaliyetlerinin planlanmasında önemli bir yere sahiptirler (Vanclay, 1994; Mısır, 2003). Büyüme modelleri, ampirik modeller ve mekanistik modeller olmak üzere iki ana sınıfta incelenmektedir (Peng, 2000). Ampirik modeller ise modellemede kullanılacak birimin büyüklüğüne göre, meşcere modelleri, çap sınıfı modelleri ve tek ağaç modelleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Mısır, 2003). Çap sınıfı modellerinde, modelleme için temel birim olarak çap sınıflarını (basamakları) kullanılmaktadır. Çap sınıfı yaklaşımı, meşcere modelleri ile tek ağaç modelleri arasındaki bütünlüğü sağlamaktadırlar (Vanclay, 1994).

Meşcereleri oluşturan ağaçların kalınlıkları (çapları) bu meşcerelerden elde edilebilecek hacim verimi ve ürün çeşitleri üzerinde etkili bir hacim elemanıdır. Meşcerelerin çap bakımından tanımlanmasında, ağaç sayılarının göğüs çapı basamaklarına dağılımı (çap dağılımı) ve ortalama göğüs çapı ölçüleri (aritmetik orta çap, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı, Weise'nin hacim orta ağacı çapı) kullanılmaktadır. Ağaç türü, yetişme ortamı verimliliği, meşcere yaşı ve sıklığı ağaçların çap basamaklarına dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdir (Kalıpsız, 1998).

Ormancılıkta büyüme modelleri içerisinde yer alan, seçilen teorik bir dağılım fonksiyonu yardımıyla elde edilen çap dağılım modelleri ormancılık araştırmalarında ve uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır (Podlaski ve Zasada, 2008). Bu tip modeller, göğüs çapı dağılımını modellenmesinde kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonu ya da birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonu ile meşcere kuruluşlarının ortaya konmasında ve tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda meşcere ağaç sayısı, meşcere göğüs yüzeyi, toplam meşcere hacmi ve değişik ürün çeşitlerine ait hacimler, çap dağılım modelleri ile hesaplanabilmektedir. Çap dağılımları meşcere yapısı, dinamiği ve aynı yaşlı ya da değişik yaşlı ifadeleri ile tanımlanan yaş yapısı hakkında bilgiler sağlarken, aynı zamanda silvikültürel işlemlerin planlanmasına olanak tanımaktadır (Gorgoso ve ark., 2012).

Çap basamaklarındaki ağaç sayılarını tahmin etmek dolayısı ile çap dağılımlarını modellemek için istatistik olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarında, belirli bir çap aralığındaki (basamağındaki) ağaç sayısının veya belirli bir çap değerine kadar olan ağaç sayısının toplam ağaç sayısına olan oranı tahmin edilmektedir. Bundan dolayı olasılık yoğunluk fonksiyonlarının verdiği değerler 0 ile 1 arasında değişmektedir (Bolat, 2014).

Ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde üstel, gamma, log-normal, beta, Johnson's  $S_B$  ve Weibull gibi bir dizi olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2009). Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu, Weibull (1951) tarafından geliştirilmiş ve ilk defa Bailey ve Dell (1973) tarafından ormancılıkta kullanılmıştır. Günümüzde hem eşit yaşlı ve hem de değişik yaşlı meşcerelerin çap dağılımlarının modellenmesinde değişik dağılım tiplerini temsil etmedeki yeteneği, esnek yapısı ve parametrelerinin kolayca hesaplanabilmesinden dolayı Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu yaygın olarak kullanılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir (Merganič ve Sterba, 2006; Stankova ve Zlatanov, 2010; Gorgoso ve ark., 2012; Kayes ve ark., 2012; Calzado Carretero ve Torres Alvarez, 2013; Diamantopoulou ve ark., 2015).

Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu iki ya da üç parametrelili olabilmektedir. İki parametrelili Weibull fonksiyonu şekil ve ölçek parametrelerine sahip iken üç parametrelili Weibull fonksiyonu ise şekil ve ölçek parametrelerinin yanında konum parametresine de sahiptir. Konum parametresi çap dağılımındaki en küçük çap değeri ile ilişkili bir parametredir (Bolat, 2014).

Bu çalışmada, Belgrad ormanı Topuzlu bend yanında dikim yoluyla oluşturulan Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin farklı yaş periyotlarındaki çap dağılımlarının, değişik dağılım tiplerini temsil etmedeki yeteneği ve esnek yapısı ile birçok çalışmada başarılı sonuçlar veren iki parametrelili Weibull dağılımı ile modellenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışma İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Hasılatı ve İktisadı kürsüsünce, duglas türünün Türkiye'de yetiştirilmesi ve periyodik ölçmelerle veriminin araştırılması amacıyla Belgrad ormanı Topuzlu bend yanında dikim yoluyla oluşturulan duglas meşcerelerinde yürütülmüştür. İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Hasılatı ve İktisadı kürsüsü tarafından Amance (Nancy-Fransa) orijinli ve Vallombrosa orijinli (Floransa-İtalya) duglas tohumları getirilerek fidanlığa ekilmiştir. Elde edilen 3 yaşlı Amance orijinli fidanlar 1954 yılında, 3 yaşlı Vallombrosa orijinli fidanlar ise 1957 yılında 1.5 m\*1.5 m dikim aralığı ile çalışmanın yürütüldüğü Belgrad ormanı Topuzlu Bend yanındaki alana dikilmiştir. Amance orijinli duglaslar yaklaşık 1170 m<sup>2</sup>, Vallombrosa orijinli duglaslar ise 1980 m<sup>2</sup> alan kapsamaktadırlar. Meşcereler doğal gelişimine bırakılmış, periyodik ölçmelerin gerçekleştirilebilmesi için meşcereler 21 yaşına ulaştıklarında, Amance orijinli sahada 35 m \*16.5 m = 577.5 m<sup>2</sup>, Vallombrosa orijinli sahada ise 19 m \* 34.5 m = 655.5 m<sup>2</sup> boyutlarında birer deneme alanı alınmıştır. Deneme sahalarının alındığı yaşta Vallombrosa orijinli sahada, Amance orijinli sahaya kıyasla daha az sayıda ağaç bulunmasından dolayı, Vallombrosa orijinli sahadan biraz daha büyük bir deneme alanının alınması uygun görülmüştür.

### 2.2. Yöntem

Çalışmada, ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımlarının tahmin edilebilmesi ve dolayısıyla çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla, Amance orijinli deneme alanında 21., 24., 27. ve 29. yaş periyotlarında, Vallombrosa orijinli deneme alanında 21., 24., 26. ve 30. yaş periyotlarında yapılan periyodik göğüs çapı ölçümleri esas alınarak, birçok çalışmada değişik meşcere kuruluşları için başarılı sonuçlar veren iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu temel alınmıştır. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu (Bailey ve Dell, 1973);

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) * \left(\frac{x}{b}\right)^{(c-1)} * e^{-\left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (1)$$

şeklinde formüle edilmektedir. Formül 1’de  $f(x)$ , olasılık yoğunluk fonksiyonunu,  $x$  çap değerini ( $x \geq 0$ ),  $c$  şekil parametresini ( $c > 0$ ),  $b$  ise ölçek parametresini ( $b > 0$ ) göstermektedir. Bu formüldeki ölçek parametresi ( $b$ ) dağılımın basıklığını, şekil parametresi ( $c$ ) ise dağılımın çarpıklığını gösteren parametrelerdir. Çap dağılımlarının formül 1’deki iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile modellenenilmesi için bu dağılımın şekil ( $c$ ) ve ölçek ( $b$ ) parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin tahmin edilmesinde; maksimum olabilirlik yöntemi (MLE), dağılım momentlerini temel alan yöntem (ME), dağılım yüzdeliklerini temel alan yöntem ve doğrusal olmayan regresyon analizi (NLR) gibi değişik yöntemler uygulanmaktadır (Bolat, 2014).

Maksimum olabilirlik yöntemi en sık kullanılan bir yöntem olup birçok çalışmada başarılı sonuçlar vermesinden dolayı çap dağılım parametrelerinin tahmin edilmesinde en iyi yöntem olarak düşünülmektedir. Bu nedenden dolayı çalışmamızda değişik yaş periyotlarındaki Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla seçilen iki parametrelili Weibull dağılımının parametreleri maksimum olabilirlik yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntemle dağılıma ait parametreler aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir (Diamantopoulou ve ark., 2015).

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i)^c \ln(x_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i)^c} - \frac{1}{c} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)$$

$$b = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)^c \right)^{1/c} \quad (2)$$

Formül 2’deki  $n$  ağaç (gözlem) sayısını,  $x_i$  ağaçlara ait göğüs çapı değerini,  $b$  ölçek parametresini,  $c$  ise şekil parametresini temsil etmektedir. Çalışmamızda iki parametrelili Weibull dağılımının parametreleri, maksimum olabilirlik yöntemi ile R istatistiksel yazılımının *fitdist* fonksiyonu yardımıyla hesaplanmıştır. (R Core Team, 2013).

Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleri Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinde her yaş periyodu için ayrı ayrı hesaplanarak, iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiştir. Her yaş periyodu için, Amance ve Vallombrosa orijinli duglas deneme alanlarında ölçülen ağaçlara ait göğüs çaplarının, 2 cm’lik çap basamaklarına dökümleri yapılmış ve deneme alanına ait gözlemlenen çap (frekans) dağılımı elde edilmiştir. Daha sonra Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile 2 cm genişliğindeki çap basamaklarındaki ağaç sayıları hesaplanmış ve kuramsal çap (frekans) dağılımı elde edilmiştir. Deneme alanlarında elde edilen gözlemlenen çap (frekans) dağılımının, kuramsal iki parametrelili Weibull olasılık dağılımına uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile denetlenmiştir. Kolmogorov-Smirnov test istatistiği ( $D$ ) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Kalıpsız, 1994; Batu, 1995).

$$D = \frac{\max|\sum f - \sum \Phi|}{n} \quad (3)$$

Formül 3’deki  $D$ : Kolmogorov-Smirnov test istatistiğini,  $\sum f$ : deneme alanlarında elde edilen gözlemlenen birikimli frekans,  $\sum \Phi$ : Weibull olasılık dağılım fonksiyonu ile elde edilen kuramsal birikimli frekans,  $n$ : deneme alanı ağaç sayısını göstermektedir. Her bir çap basamağı için gözlemlenen birikimli frekans değeri ile Weibull olasılık dağılım fonksiyonu ile elde edilen kuramsal birikimli frekans değeri arasındaki mutlak fark hesaplanmakta, bu mutlak farkların en büyüğü deneme alanındaki ağaç sayısına oranlanarak  $D$  istatistiği elde edilmektedir. Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcereleri ve bunlara ait her yaş periyodu için  $D$  istatistiği hesaplanmıştır. Formül 3 ile hesaplanan  $D$  değeri  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyi için aşağıdaki formül (Formül 4) ile hesaplanan  $D_{0,05}$  Kolmogorov-Smirnov testinin tablo değeri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan  $D$  değeri tablo değerinden küçük ise ( $D_{0,05}$ ) karşılaştırılan güven düzeyine göre deneme alanlarında elde edilen gözlemlenen çap (frekans) dağılımının kuramsal Weibull olasılık dağılımına uygun olduğu yargısına varılır (Batu, 1995).

$$D_{0,05} = 1,358/\sqrt{n} \quad (4)$$

Formül 4’de,  $D_{0,05}$ : Kolmogorov-Simirnov testine ait tablo (kritik) değerini, n: deneme alanı ağaç sayısını göstermektedir.

Ayrıca Amance ve Vallombrosa orijinlerindeki her yaş periyodu için çap basamaklarında gözlemlenen ve tahmin edilen (kuramsal) hektardaki ağaç sayıları arasındaki ortalama mutlak fark değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$OMF = \frac{e}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k |N_{Gözlemlenen} - N_{Tahmin}|}{k} \quad (5)$$

Formül 5’de, k: çap basamağı sayısını,  $N_{Gözlemlenen}$ : Hektardaki gözlemlenen ağaç sayısını,  $N_{Tahmin}$ : Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen hektardaki ağaç sayısını göstermektedir. e değeri ise Reynolds ve ark., (1988) tarafından geliştirilen hata indeks değerini temsil etmektedir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinde alınan devamlı deneme alanlarında değişik yaş periyotlarında ölçülen göğüs çaplarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo / Table 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Göğüs çaplarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler  
Table 1. Descriptive statistic of diameter at breast height

Orijin	Yaş (t)	Ağaç Sayısı N (Adet/ha)	Minimum ( $d_{min}$ ) (cm)	Maksimum ( $d_{mak}$ ) (cm)	Ortalama ( $d_{ort}$ ) (cm)	Standart Sapma ( $S_d$ ) (cm)
Amance	21	3931	1	10	5,23	1,76
	24	3913	1,5	13,3	6,66	2,13
	27	3827	2,2	16,5	7,78	2,42
	29	3740	2,6	18,4	8,42	2,7
Vallombrosa	21	2060	1	12,4	5,63	2,32
	24	2014	1,5	15,7	7,26	2,9
	26	1983	1,7	17,7	8,28	3,28
	30	1892	2,2	21,2	9,8	3,93

Tablo / Table 1 incelendiğinde yaşlar itibariyle orta çapın Amance orijininde 5.23 – 8.42 cm, Vallombrosa orijininde 5.63 – 9.8 arasında değiştiği, standart sapmaların ise Amance orijininde 1.76 – 2.7 cm, Vallombrosa orijininde 2.32 – 3.93 arasında değiştiği görülmektedir. Doğal gelişimine bağlı olarak orta çap her iki orijinde de yaşa göre artış göstermektedir. Meşcerenin yaşlanması ile birlikte ağaçlar kalınlaşmakta ve meşcere orta çapı artmaktadır. Bu artışa ağaçların gösterdiği çap artımlarının yanında bazı ağaçların kuruyarak meşcereden ayrılması neden olmaktadır (Kalıpsız, 1998). Standart sapma ise orta çap gibi yaşa bağlı olarak her iki orijinde de artış göstermektedir. Standart sapmanın artması, meşceredeki ağaçların değişik artım hızlarında üst çap basamaklarına geçmesiyle birlikte dağılım aralığının genişlediğini göstermektedir.

Tablo / Table 2’den de görüleceği üzere Amance orijininde yaşlar itibariyle, Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun şekil parametresi değerleri (c) 3.2508 – 3.4264 arasında olup varyasyon genişliği 0.1756 iken, ölçek parametresi değerleri (b) 5.8346 – 9.3757 arasında olup varyasyon genişliği ise 3.5411 dir. Vallombrosa orijininde yaşlar itibariyle, Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun şekil parametresi değerleri (c) 2.6395 – 2.7461 arasında olup varyasyon genişliği 0.1066 iken ölçek parametresi değerleri (b) 6.3395 – 11.0316 arasında olup varyasyon genişliği ise 4.6921 dir. Her iki orijinde de çap dağılımının şekil parametresinin yaşlara göre çok fazla değişmemesi, dağılımın çarpıklığının pek fazla değişmediğini göstermektedir. Bu orijinlerde çap dağılımının ölçek parametresinin giderek artan değerler alması ve varyasyon genişliğinin şekil parametresine göre yüksek olması dağılımın yaş ilerledikçe basıklaştığını göstermektedir.

Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleri Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinden alınan devamlı deneme alanlarında ölçülen göğüs çapı verilerine bağlı olarak, her yaş periyodu için maksimum olabilirlik yöntemine göre ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Tahmin edilen parametreler ve bu parametrelere ait standart hata değerleri Tablo / Table 2’de verilmiştir.

Tablo 2. İki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna ait tahmin edilen parametreler ve standart hata değerleri

Table 2. The estimated parameters and standard error values of the two parameter Weibull probability density function

Orijin	Yaş	Şekil Parametresi (c)	Std.Hata (c) (S <sub>c</sub> )	Ölçek Parametresi (b)	Std.Hata (b) (S <sub>b</sub> )
Amance	21	3.2508	0.168	5.8346	0.126
	24	3.4118	0.174	7.4081	0.152
	27	3.4264	0.171	8.6395	0.179
	29	3.3017	0.165	9.3757	0.204
Vallombrosa	21	2.6395	0.179	6.3395	0.218
	24	2.7318	0.186	8.1691	0.274
	26	2.7461	0.187	9.3137	0.313
	30	2.6995	0.187	11.0316	0.387

Deneme alanlarında elde edilen çap (gözlemlenen) dağılımın kuramsal iki parametrelili Weibull olasılık dağılımına uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile denetlenmiştir. Bu amaçla Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinde her yaş periyodu için formül 3 yardımıyla hesaplanan Kolmogorov-Smirnov D istatistikleri ve formül 4 ile hesaplanan Kolmogorov-Smirnov tablo değerleri D<sub>0.05</sub> Tablo / Table 3’de verilmiştir.

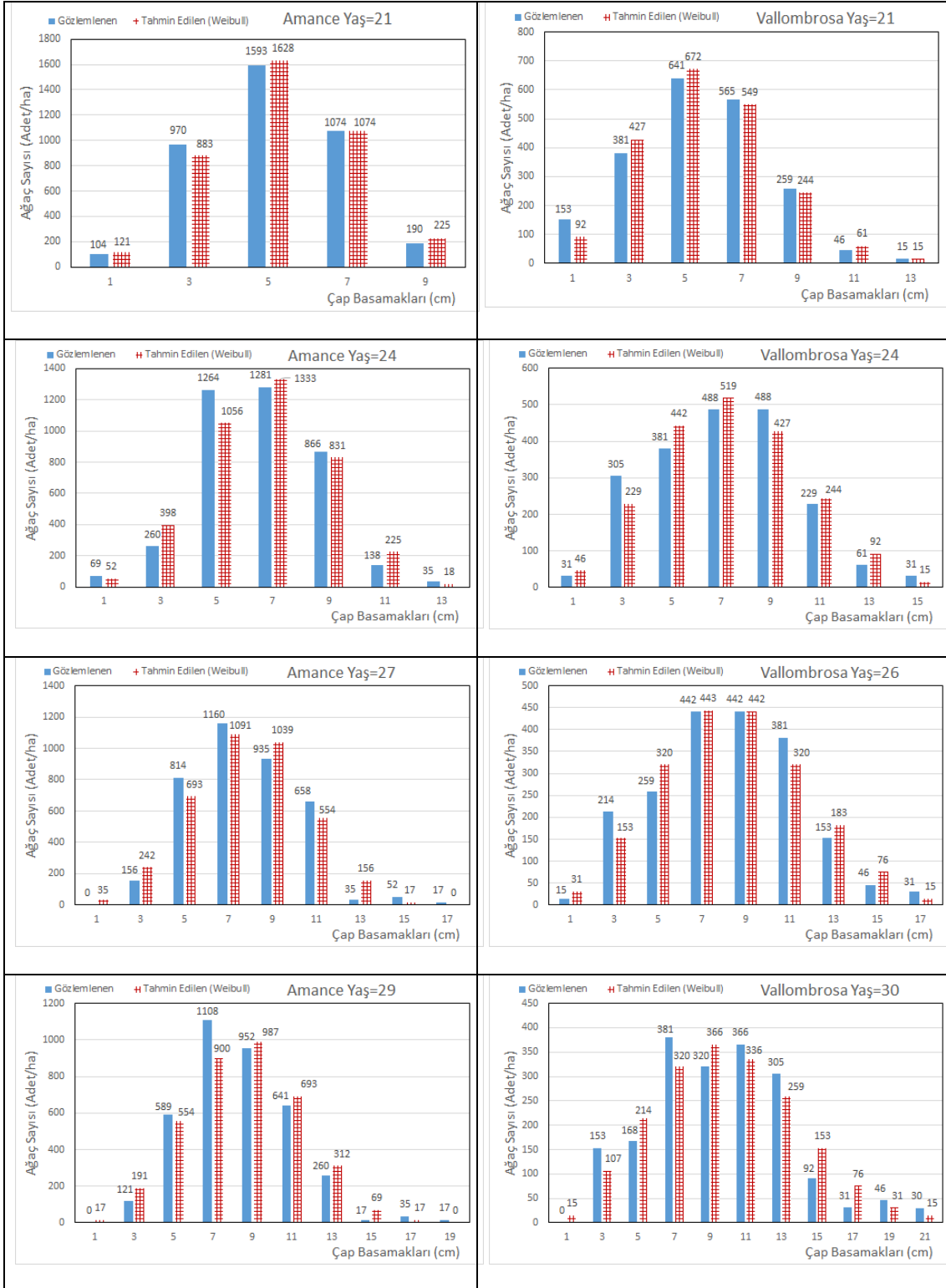
Tablo 3. Kolmogorov – Simirnov test sonuçları

Table 3. The result of Kolmogorov – Simirnov test

Orijin	Yaş	D	D <sub>0.05</sub>	Anlamlılık Düzeyi
Amance	21	0.0176	0.0901	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	24	0.0310	0.0903	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	27	0.0317	0.0913	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	29	0.0417	0.0924	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
Vallombrosa	21	0.0296	0.1169	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	24	0.0303	0.1182	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	26	0.0231	0.1191	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05
	30	0.0403	0.1220	D<D <sub>0.05</sub> ; p>0.05

Kolmogorov - Simirnov test sonuçlarına göre, Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinde tüm yaş periyotlarında hesaplanan D istatistiği  $\alpha=0.05$  anlamlılık düzeyinde hesaplanan D<sub>0.05</sub> tablo değerinden küçüktür. Deneme alanlarından elde edilen çap (gözlemlenen) dağılımının, kuramsal iki parametrelili Weibull olasılık dağılımına uygun olduğu, diğer bir ifadeyle tüm yaş periyotları için Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile temsil edilebileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

Her yaş periyodu için, Amance ve Vallombrosa orijinli duglas deneme alanlarında ölçülen ağaçlara ait hektardaki gözlemlenen çap (frekans) dağılımları ile Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen hektardaki kuramsal çap (frekans) dağılımları, çap basamaklarının basamak ortası değerlerine göre karşılaştırmalı histogram grafik olarak Şekil / Figure 1’de verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile elde edilen kuramsal (tahmin edilen) çap (frekans) dağılımının meşceredeki gözlemlenen çap (frekans) dağılımı temsil ettiği görülmektedir.



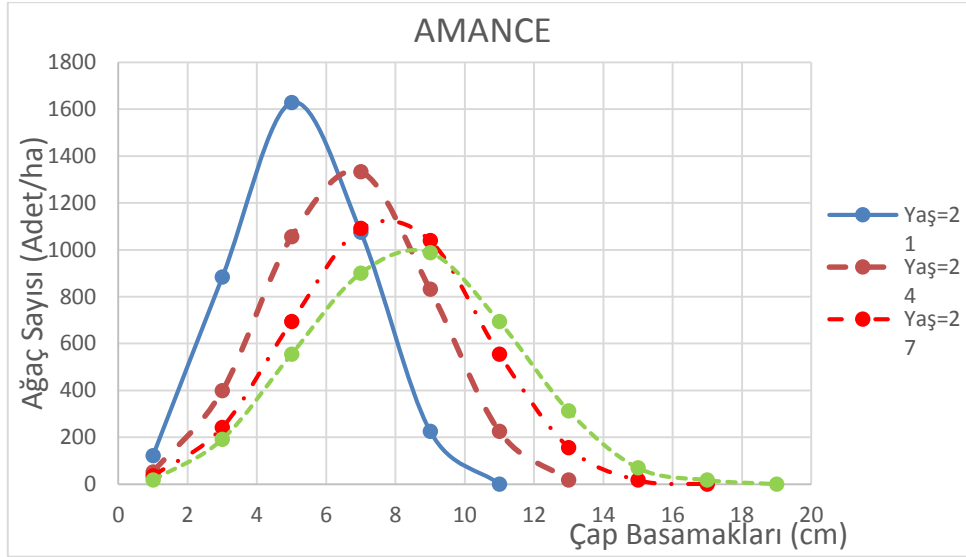
Şekil 1. Gözlemlenen ve Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen hektardaki ağaç sayılarının çap basamaklarına göre dağılımı

Figure 1. Distribution of number of trees per hectare that observed and estimated with Weibull probability density function according to diameter class

Ayrıca Şekil / Figure 1’de verilen Amance ve Vallombrosa orijinlerindeki her yaş periyodu için çap basamaklarında gözlemlenen ve tahmin edilen (kuramsal) hektardaki ağaç sayıları yardımıyla hesaplanan (Formül 5) ortalama mutlak fark değerleri incelendiğinde, Amance orijininde 21., 24., 27. ve 29. yaş periyotlarında sırasıyla 35, 79, 77 ve 56 (Adet/ha), Vallombrosa orijininde 21., 24., 26. ve 30. yaş periyotlarında sırasıyla 26, 38, 31 ve 39 (Adet/ha) değerleri ile tahminde bulunduğu görülmektedir. Hektardaki ağaç sayıları göz önüne alındığında (Tablo / Table 1) çap basamaklarındaki ağaç sayılarının oldukça düşük bir hata oranı ile tahmin edildiği söylenebilir.

Eng (1986), Oregon ve Washington’daki 20. ve 40. yaşlardaki duglas meşcerelerinin çap dağılımlarını iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile modellemiştir. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerini maksimum olabilirlik yöntemine göre hesaplamıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgulara paralel olarak duglas meşcerelerinin gözlemlenen çap (frekans) dağılımının iki parametrelili olasılık yoğunluk fonksiyonu ile temsil edilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

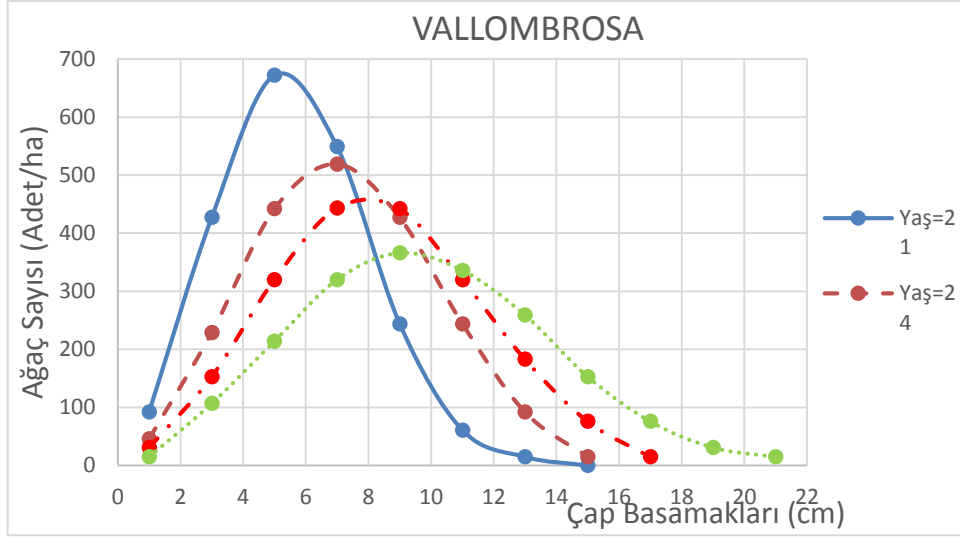
Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşcerelerinin Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile elde edilen kuramsal (tahmin edilen) çap dağılımlarının yaşa göre gelişimleri Şekil / Figure 2 ve Şekil / Figure 3’de incelenmiştir.



Şekil 2. Amance orijinli duglas meşceresi için kuramsal Weibull çap dağılımının meşcere yaşına göre gelişimi  
Figure 2. Development of theoretical Weibull diameter distribution according to stand age for Douglas stand (Amance)

Ağaçların çap basamaklarına dağılımı meşcere yaşına, bonitete, sıklık derecesine ve ağaç türüne bağlı olarak değişmektedir. Meşcere yaşı ilerledikçe çap dağılımlarının tepe noktaları ileri çap basamaklarına kaymakta ve dağılım basıklaşmaktadır (Kalıpsız, 1998). Çalışma konumuz olan farklı orijinlere ait duglas meşcereleri aynı yörede yer alması nedeniyle bonitet değişkeni ve belirli dikim aralıkları ile oluşturuldukları için sıklık değişkeni sabit kalmaktadır. Bu dağılımı etkileyen tek değişken meşcere yaşı olmaktadır. Şekiller incelendiğinde de her iki orijinde de meşcere yaşı ilerledikçe çap dağılımlarının tepe noktalarının ileri çap basamaklarına kaydığı ve dağılımların basıklaştığı görülmektedir. Bu durum her iki orijinde de Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonundaki basıklığın göstergesi olan ölçek parametresinin (b) yaş ilerledikçe artması ile de açıklanabilir (Tablo / Table 2).





Şekil 3. Vallombrosa orijinli duglas meşçeresi için kuramsal Weibull çap dağılımın meşçere yaşına göre gelişimi  
Figure 3. Development of theoretical Weibull diameter distribution according to stand age for Douglas stand (Vallombrosa)

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Belgrad Ormanı Topuzlu Bend yanında dikim yoluyla oluşturulan Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşçerelerinin çap dağılımları, devamlı deneme alanlarından elde edilen veriler yardımıyla değişik yaş periyotları için, birçok araştırmada başarılı sonuçlar veren iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile modellenmiştir. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun şekil ve ölçek parametreleri en sık kullanılan yöntem olan maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmiştir. Her yaş periyodu için tahmin edilen parametreler ile Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiş, bu fonksiyonlar yardımı ile çap basamaklarındaki kuramsal frekanslar hesaplanmıştır. Her yaş periyodu için elde edilen bu kuramsal frekans dağılımı, deneme alanlarında ölçülen gözlemlenen çap (frekans) dağılımı ile karşılaştırılmış ve bu dağılımlar arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir fark bulunamamıştır. Böylece Amance ve Vallombrosa orijinli duglas meşçerelerinin çap dağılımının Weibull dağılımı ile temsil edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun şekil (c) ve ölçek parametrelerinin (b) meşçere yaşına göre gelişimi incelendiğinde her iki orijinde de dağılımın çarpıklığını gösteren şekil parametresinin pek fazla değişmediği, ancak dağılımın basıklığını temsil eden ölçek parametresinin ise meşçere yaşı ile birlikte arttığı tespit edilmiştir. Her iki orijinde de dağılımın çarpıklığı meşçere yaşına göre çok fazla değişmezken, dağılımın basıklığının ise meşçeredeki ağaçların çap artımlarına koşut olarak meşçere yaşı ilerledikçe artış gösterdiği ve dağılımın basıklaştığı sonucuna ulaşılmaktadır. Meşçeredeki bazı ağaçların çap artım hızları diğer bireylere göre daha fazla olduğundan meşçere yaşlanması ile birlikte kalın çap basamaklarına kayması sonucunda meşçeredeki varyasyon genişliği dolayısıyla meşçere heterojenliği de artmaktadır.

Ülkemizde farklı ağaç türü, yetişme ortamı, gelişim çağı ve sıklıklarda yayılış gösteren meşçerelerin çap dağılımlarının farklı araştırmacılar tarafından önerilen olasılık yoğunluk fonksiyonları ile modellenmesi büyük önem arz etmektedir. Bu işlemlerin farklı meşçere yapı ve kuruluşlarında kurulacak devamlı deneme alanlarından elde edilecek periyodik verilerle gerçekleştirilmesi, daha sağlıklı modelleme imkânı sağlayacaktır. Ayrıca, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin meşçeredeki çap dağılımını etkileyen değişkenlerle (meşçere yaşı, bonitet endeksi, sıklık derecesi) ilişkiye getirilerek belirli bir ağaç türü için çap dağılımlarının genelleştirilmesi oldukça önemlidir. Böylece çap dağılım modelleri, ormanların planlanmasında, işletilmesinde ve ormandan elde edilecek ürün çeşitlerinin ve miktarlarının belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Belgrad Ormanı Topuzlu Bend bölgesindeki duglas meşcerelerinin oluşturulmasında, devamlı deneme alanlarının kurulmasında ve ölçülmesinde başta Orman Hasılatı ve İktisadi Kürsüsü Başkanı Merhum Prof.Dr. Fehim FIRAT olmak üzere emeği geçen tüm kürsü çalışanlarına teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Akalp, T., 1982. Orman Hasılatı ve Biyometri Kürsüsünce Hızlı Gelişen Türler Üzerinde Yürütülmüş Araştırmalar. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, 21-26 Eylül 1981, Kefken (İzmit) - Koru Dağı – Dardanos (Çanakkale), 231-237.
- Akalp, T., 1983. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simulasyonu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3051, O.F. Yayın No: 327, İstanbul.
- Asan, Ü., 1989. Duglas (*Pseudotsuga douglassi* Car. var. *Viridis*) in Ayancık – Çangal Yöresinde 37 Yıllık Hasılatı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A-39(2)*: 86-107.
- Bailey, R.L., Dell, T.R., 1973. Quantifying Diameter Distributions with the Weibull Function. *Forest Science* 19: 97-104.
- Batu, F., 1995. Uygulamalı İstatistik Yöntemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Genel Yayın No: 179, Fakülte Yayın No: 22, Trabzon.
- Bolat, F., 2014., Bursa – Kestel Orman İşletme Şefliği İçerisindeki Meşcereler İçin Çap Dağılım Modellerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Calzado Carretero, A., Torres Alvarez, E., 2013. Modelling Diameter Distributions of *Quercus suber* L. Stands in “Los Alcornocales” Natural Park (Cádiz-Málaga, Spain) by Using The Two Parameter Weibull Functions. *Forest Systems* 22(1): 15-24.
- Diamantopoulou, M.J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü., 2015. Estimation of Weibull Function Parameters for Modelling Tree Diameter Distribution Using Least Squares and Artificial Neural Networks Methods. *Biosystems Engineering* 133: 33-45.
- Eng, H., 1986. Weibull Diameter Distribution Models for Managed Stands of Douglas-fir in Washington and Oregon. Thesis of Master of Science, Oregon State University.
- Erkuloğlu, Ö.S., 1982. Türkiye’de Yapılan Ağaçlandırmalarda Hızlı Gelişen Yerli ve Yabancı Türlerin Gelişme ve Büyümeleeri. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, 21-26 Eylül 1981, Kefken (İzmit) - Koru Dağı – Dardanos (Çanakkale), 91-114.
- Gorgoso, J.J., Rojo, A., Camara-Obregon, A., Dieguez-Aranda, U., 2012. A Comparison of Estimation Methods for Fitting Weibull, Johnson’s SB and Beta Functions to *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* and *Pinus sylvestris* Stands in Northwest Spain. *Forest Systems* 21(3): 446-459.
- Kalıpsız, A., 1994. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3835, O.F. Yayın No: 427, ISBN: 975-404-368-x, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1998. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 4060, O.F. Yayın No: 448, ISBN: 975-404-484-8, İstanbul.
- Kayacık, H., 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, I. Cilt, Gymnospermae (Açık Tohumlular). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2642, O.F. Yayın No: 281, İstanbul.
- Kayes, I., Deb, J.C., Comeau, P., Das, S., 2012. Comparing Normal, Lognormal and Weibull Distributions for Fitting Diameter Data from Akashmoni Plantations in The North-Eastern Region of Bangladesh. *Southern Forests* 74(3): 175-181.

- Liu, C., Beaulieu, J., Prégent, G., Zhang, S.Y., 2009. Applications and Comparison of Six Methods for Predicting Parameters of the Weibull Function in Unthinned *Picea glauca* Plantations. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 67-75, doi: 10.1080/02827580802644599.
- Merganič, J., Sterba, H., 2006. Characterisation of Diameter Distribution Using The Weibull Function: Method of Moments. *European Journal of Forest Research* 125:427-439, doi: 10.1007/s10342-006-0138-2.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Peng, C., 2000. Growth and Yield Models for Uneven-Aged Stands: Past, Present and Future. *Forest Ecology and Management* 132(2-3): 259-279.
- Podlaski, R., Zasada, M., 2008. Comparison of Selected Statistical Distributions for Modelling The Diameter Distributions in Near-Natural *Abies-Fagus* Forests in The Świętokrzyski National Park (Poland). *European Journal of Forest Research* 127:455-463, doi: 10.1007/s10342-008-0229-3.
- R Core Team, 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Reynolds, M.R. Burk, T.E., Huang, W., 1988. Goodness-of-Fit Tests and Model Selection Procedures for Diameter Distribution Models. *Forest Science* 34(2): 373 – 399.
- Stankova, T.V., Zlatanov, T.M., 2010. Modeling Diameter Distribution of Austrian Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) Plantations: A Comparison of The Weibull Frequency Distribution Function and Percentile-Based Projection Methods. *European Journal of Forest Research* 129: 1169-1179, doi: 10.1007/s10342-010-0407-y.
- Şimşek, Y., 1979. Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Türkiye'ye İthal ve Orijin Problemleri Üzerine Araştırmalar. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, O.D.C. 232.12: 165.52, İzmit.
- Şimşek, Y., 1982. 1972-1974 Yılında Türkiye'de Tesis Edilen Uluslararası Douglas (*Pseudotsuga douglassii* (Mirb.) Franco) Orijin Denemelerinin Sonuçları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını, O.D.C. 232.12: 165.52, İzmit.
- Vanclay, J., K., 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International, ISBN: 0-85198-913-6, Wallingford, UK.
- Weibull, W., 1951. A Statistical Distribution Function of Wide Applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18: 293-297.