




Kuzey Marmara Yöresi sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcereleri için kütük çapı - göğüs çapı ilişkisinin belirlenmesi

Emrah Özdemir^{a,*} , Abbas Şahin^b , Gafura Aylak Özdemir^a 

Özet: Ağacın planlı ya da plansız kesilmesi durumunda göğüs çapı ölçülememekte sadece toprak üstünde kütük kısmı kalmaktadır. Bu nedenle ağacın diğer boyutlarının (göğüs çapı, hacim vb.), kütüğün sahip olduğu değişkenlere göre tahmin edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Kuzey Marmara’da yayılış gösteren saf sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcerelerinde, 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ($d_{0,30}$) ile göğüs çapı ($d_{1,30}$) arasındaki ilişkinin her bir yaş sınıfı ve genel bazda belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca göğüs çapının ($d_{1,30}$), kütük yüksekliği (h_{dk}) ve bu yükseklikteki kütük çapı (d_{dk}) ile tahmin edilmesi de bu çalışmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda Marmara Bölgesi’nin kuzey bölümünün değişik yetişme ortamlarında yayılış gösteren ve yaş sınıfları genişliği 20 yıl olan saf sapsız meşe meşcerelerinin II, III, IV, V ve VI. yaş sınıflarında alınan 66 örnek noktasında, 1 Konu - 10 Komşu ağaç yöntemiyle belirlenen toplam 726 ağaçta ölçümler gerçekleştirilmiştir. Göğüs çapını, 0,30 m’deki kütük çapı ile tahmin etmek amacıyla Doğru, Polinom ve Güç fonksiyonu formunda olmak üzere 3 farklı regresyon modeli denenmiştir. Ayrıca göğüs çapını, kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için de logaritmik formda 3 farklı regresyon modeli oluşturulmuştur. 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ile göğüs çapı için oluşturulan modellerin göğüs çapındaki varyasyonu % 89,8-96,7 arasında açıkladıkları ve bu ilişki için doğrusal modelin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ile göğüs çapı ilişkisi bakımından yaş sınıfları F testi ile karşılaştırılmış, III. ve IV. yaş sınıfları arasında bir farkın olmadığı, diğer yaş sınıflarının birbirlerinden farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Göğüs çapını, kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için oluşturulan regresyon modellerinin, göğüs çapındaki varyasyonu %91,4-%92,8 arasında açıkladıkları ve 1,76-1,96 cm standart hata ile göğüs çapını tahmin ettikleri belirlenmiştir. Sapsız meşe dışındaki diğer meşe türleri için de kütük çapı- göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi önemlidir.

Anahtar kelimeler: Göğüs çapı, Kütük çapı, Regresyon modeli, F testi, Tam model, İndirgenmiş model

Determination of relationship stump diameter - diameter at breast height for sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) stands in Northern Marmara Region

Abstract: If the tree is cut planned or unplanned, the DBH (the diameter at breast height) cannot be measured and only the stump aboveground. Therefore, other dimensions of the tree (DBH, volume, etc.) need to be estimated based on the variables of stump. In this study, it is aimed to be determined the relationship between the stump diameter at 0.30 m and DBH for each age class and general level in pure sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) stands of Northern Marmara. In addition, estimating the DBH with the stump height (h_{dk}) and stump diameter (d_{dk}) at this height is another purpose of this study. In this context, measurements were carried out on 726 trees determined by 1 Subject - 10 neighboring tree method in 66 sample points taken from pure sessile oak stands of the northern part of the Marmara Region which are distributed in different sites and in age classes II, III, IV, V and VI., whose age classes are 20 years in width. The tree regression models in the form of linear, polynomial and power function were tested in order to estimate DBH with the stump diameter at 0.30 m. In addition, 3 different regression models were formed in logarithmic form to estimate the DBH with the stump height and stump diameter at this height. It was concluded that the models tested for the stump diameter at 0.30 m with DBH explained the variation in DBH between 89.8% and 96.7% and the linear model was suitable for this relationship. The age classes were compared with the F test in terms of the relationship between the stump diameter at 0.30 m and DBH, it was concluded that the age classes differ from each other except III. and IV. age classes. It was determined that regression models established to estimate the DBH with the stump height and stump diameter at this height and explain the variation in DBH between 91.4% and 92.8% and estimate the DBH with 1.76-1.96 cm standard error. It is also important to model the stump diameter-the diameter at breast height relationship for oak tree species other than sessile oak.

Keywords: Diameter at breast height, Stump diameter, Regression model, F test, Full model, Reduced model

✉ ^a İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Hasılatı ve Biyometri Anabilim Dalı, 34473, Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul

^b Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): eozdemir@istanbul.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.01.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 16.03.2020



Citation (Atf): Özdemir, E., Şahin, A., Aylak Özdemir, G., 2020. Kuzey Marmara Yöresi sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcereleri için kütük çapı - göğüs çapı ilişkisinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(1): 25-34.
DOI: [10.18182/tjf.671592](https://doi.org/10.18182/tjf.671592)

1. Giriş

Meşe ağaç türleri, ülkemizde gerek tür zenginliği gerek kapladığı alan ve gerekse de orman ürün çeşitliliği bakımından ülke ormanları içerisinde oldukça büyük öneme sahiptir. Ülkemizdeki orman alanlarının toplamı Orman Genel Müdürlüğü 2015 yılı envanter verilerine göre 22.342.935 hektardır. Ülke orman alanı içerisindeki meşe cinsinin kapladığı orman alanı 2.382.933 ha. verimli, 3.503.262 ha. bozuk olmak üzere toplam 5.886.195 ha. orman alanından oluşmaktadır. Ağaç cinsleri bakımından ülkemizde en geniş yayılışa sahip olan meşe ormanları ülke ormanlarının % 26,34'ünü kapsamaktadır. (OGM, 2015; Şahin, 2016).

Yaltırık ve Efe (1994) sapsız meşenin (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) genel coğrafi yayılışını Batı ve Kuzey Britanya, Batı Avrupa, Kuzeybatı Anadolu, Trakya, Marmara Bölgesi, İç Anadolu ve Güney Anadolu olarak ifade etmişlerdir. Ülkemizde özellikle Trakya ve Marmara Bölgesi'nin kuzeyinde ileri yaşta saf meşcereleri bulunan sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl), orman endüstrisinde geniş pazarı bulunan ve düzgün gövde yapısı oluşturan meşe türlerinin başında gelmektedir. Dalsız gövde boyu toplam boyuna oranla oldukça uzun, tepe taç boyu kısa ve dar tepeli olan sapsız meşe, orman ürünleri sanayinin en fazla tercih ettiği yapraklı türlerdendir (Şahin, 2016).

Meşe konusunda ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde meşcere, ağaç özellikleri ve vejetasyon çalışmaları haricinde meşe türlerini esas alan orman amenajmanı, orman hasılatı ve silvikültürel esaslarına ilişkin araştırmalar sınırlı sayıdadır. Orman amenajmanı ve hasılat konusunda ilk çalışma Eraslan (1954) tarafından Demirköy yöresi için 100 yaşına kadar sürgünden yetişmiş ve antropojenik etkilerin olmadığı, saf ve aynı yaşlı meşe meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda grafik analiz yöntemi ile cins bazında meşe bonitet tablosu, hasılat tablosu, hacim tablosu ve odun ürün çeşitleri tablosu elde edilmiştir. Eraslan (1954)'ın yapmış olduğu çalışma, Eraslan ve Evcimen (1967) tarafından tekrar gözden geçirilmiş ve 1954 yılında alınan örnek alanlara ek olarak Belgrad Ormanı'nda 100 yaş üstünde 32 örnek alandan da veri toplamışlardır. Toplam 91 örnek alana ait verilerden yararlanarak Demirköy mıntıkası için 100 yaşına kadar yapılmış olan, sürgünden yetişmiş ve müdahale görmemiş, normal kapalı aynı yaşlı saf meşe meşcerelerinin hasılat tablosunu 200 yaşına kadar ileriye taşımışlardır. Özdemir (2013) Trakya'da ki sürgün kökenli meşe ormanlarının (Sapsız meşe, macar meşesi ve saçlı meşe) farklı yaş, sıklık ve yetişme ortamlarındaki artım ve büyüme ilişkilerini incelemiştir.

Meşe ile ilgili yapılan hasılat çalışmaları ülkemizde cins bazında ele alınmış olup, 2006 yılında baltalık işletmeciliğinin Marmara Bölgesinden kaldırılmasından sonra, tür bazında ki çalışmalara gereksinim duyulmuş ve hasılat çalışmaları da 2014 yılından itibaren tür bazlı yapılmaya başlanmıştır (Şahin, 2016).

Ormancılıkta göğüs çapı, büyüme, hasılat, süksesyon ve karbon bütçesi modellerinde yer alan boy, hacim, biyokütle gibi diğer önemli değişkenlerin tahmin edilmesinde, envanter çalışmalarında örnek ağaçların seçiminde ve meşcere yapısının ortaya konmasında kullanılan ve kolay ölçülebilen en önemli değişkenlerden birisidir (Vanclay, 1994; Peng vd., 2004; Corral-Rivas vd., 2007; Özçelik vd.,

2010). Ağacın planlı ya da plansız kesilmesi durumunda sadece toprak üstünde kütük kısmı kalmakta olup, ağacın diğer boyutlarının, kütüğün sahip olduğu değişkenlerin (kütük çapı, kütük yüksekliği, kütük üzerindeki yıllık halka sayısı vb.) değerlendirilerek tahmin edilmesi ihtiyacı duyulmaktadır. Ayrıca kütük boyutları, olumsuz çevre koşullarından kaynaklanan hasarların değerlendirilmesinde, illegal kesim sonucu oluşan hacim kayıplarının belirlenmesinde ve çeşitli silvikültürel uygulamaların etkilerinin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (Bylin, 1982a; Wharton, 1984; Parresol, 1998; Corral-Rivas vd., 2007; Özçelik vd., 2010).

Ağacın herhangi bir nedenle kesilmesi durumunda göğüs çapı ölçülememekte ve özellikle ağacın boyutunu ve değerini ortaya koyan ağaç hacmi tek veya çift girişli ağaç hacim denklemleri ya da tabloları kullanılarak tahmin edilememektedir (Yavuz, 1996; Şenyurt, 2012). Bu durumda ağaç hacminin tahmin edilmesi genellikle iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk olarak kütük çapı yardımıyla göğüs çapı tahmin edilmekte, daha sonra ağaç hacim denkleminde veya tablosundan göğüs çapı kullanılarak ağaç hacmi belirlenebilmektedir. (Bylin, 1982a; Corral-Rivas vd., 2007).

Göğüs çapı ve kütük çapı arasındaki yüksek korelasyon sayesinde göğüs çapı, kütük çapından yüksek doğrulukta tahmin edilebilir (Johnson ve Weigel, 1990; Özçelik vd., 2010). Bu nedenle farklı yetişme ortamlarında yayılış gösteren farklı ağaç türleri için göğüs çapını veya ağaç hacmini kütük çapı yardımıyla tahmin etmek amacıyla birçok çalışma yürütülmüştür (Myers, 1963; McClure, 1968; Bylin, 1982a; Wharton, 1984; Johnson ve Weigel, 1990; Parresol, 1993; Parresol, 1998; Corral-Rivas vd., 2007; Milios vd., 2016).

Ülkemizde kütük çapı ile göğüs çapı ilişkisini ortaya koyan ilk çalışmalar; kızılçamda (*Pinus brutia*) Uğurlu ve Özer (1977), sarıçamda (*Pinus sylvestris*) Özer (1981), karaçam (*Pinus nigra*) ve Doğu ladininde (*Picea orientalis*) Giray (1982) tarafından yapılmıştır. İbrel türlerde; sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve karaçamda (*Pinus nigra*) Yavuz (1996), karaçam (*Pinus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani*) ve kızılçamda (*Pinus brutia*) Özçelik (2005), Toros sediri (*Cedrus libani*), kızılçam (*Pinus brutia*) ve Toros göknarında (*Abies cilicica*) Özçelik vd. (2010), sarıçamda (*Pinus sylvestris*) Şenyurt (2012), kızılçam (*Pinus brutia*) ve karaçamda (*Pinus nigra*) Sakıcı ve Yavuz (2016), Doğu ladin (*Picea orientalis*), Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana*) ve sarıçamda (*Pinus sylvestris*) Şahin vd. (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Doğu kayını (*Fagus orientalis*) ve Kazdağı göknarında (*Abies equi-trojani*) Sakıcı ve Özdemir (2017), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana*), Doğu kayını (*Fagus orientalis*) ve karaçamda (*Pinus nigra*) Durkaya ve Durkaya (2011) benzer çalışmaları yürütmüşlerdir. Geniş yapraklı ağaç türlerinden, kütük çapı ile göğüs çapı ilişkisini ortaya koyan çalışmalar; sivri meyveli dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Yavuz (2000), Doğu kayını (*Fagus orientalis*) Ercanlı vd. (2015), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) Sağlam vd. (2016) tarafından çalışılmıştır. Görüldüğü üzere yukarıdaki çalışmalar içerisinde ülkemizde sapsız meşe kütük çapı ile göğüs çapı ilişkisini ortaya koyan herhangi bir bilimsel çalışma literatürde bulunmamaktadır.

Bu nedenle çalışmada Kuzey Marmara Bölgesindeki saf sapsız meşe meşcerelerinin; i) 0,30 m yüksekliğindeki kütük

çapı ($d_{0,30}$) ile göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisinin çeşitli model yapıları ile 5 farklı yaş sınıfı için belirlenmesi, ii) Yaş sınıflarının, kütük çapı ($d_{0,30}$) ile göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisi bakımından karşılaştırılması, iii) göğüs çapının ($d_{1,30}$), kütük yüksekliği (h_{dk}) ve bu yükseklikteki kütük çapı (d_{dk}) ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Marmara Bölgesi'nin kuzey bölümünün değişik yetişme ortamlarında yayılış gösteren saf sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcerelerinde, 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ile göğüs çapı ilişkisini ortaya koymak için, farklı yaş sınıflarında 66 örnek noktasında, 1 Konu - 10 Komşu ağaç yöntemiyle belirlenen toplam 726 ağaçta ölçümler gerçekleştirilmiştir. Göğüs çapını kütük yüksekliği (h_{dk}) ve bu yükseklikteki kütük çapı (d_{dk}) ile tahmin etmek için de aynı verilerden yararlanılmıştır.

Örnek noktalar, Demirköy, Kırklareli, Tekirdağ, Vize, Çatalca ve İzmit Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde farklı yaş sınıflarında ve yetişme ortamlarında yayılış gösteren, saf sapsız meşe meşcerelerinden seçilmiştir. Örnek noktaların çeşitli topoğrafik özellikleri ve Orman İşletme Müdürlüklerine dağılımı Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'den de görüleceği üzere örnek noktaların değişik yüksekliklerden ve farklı eğim gruplarından alındığı görülmektedir. Örnek noktaların alındığı yerler Şekil 1'deki haritada verilmiştir.

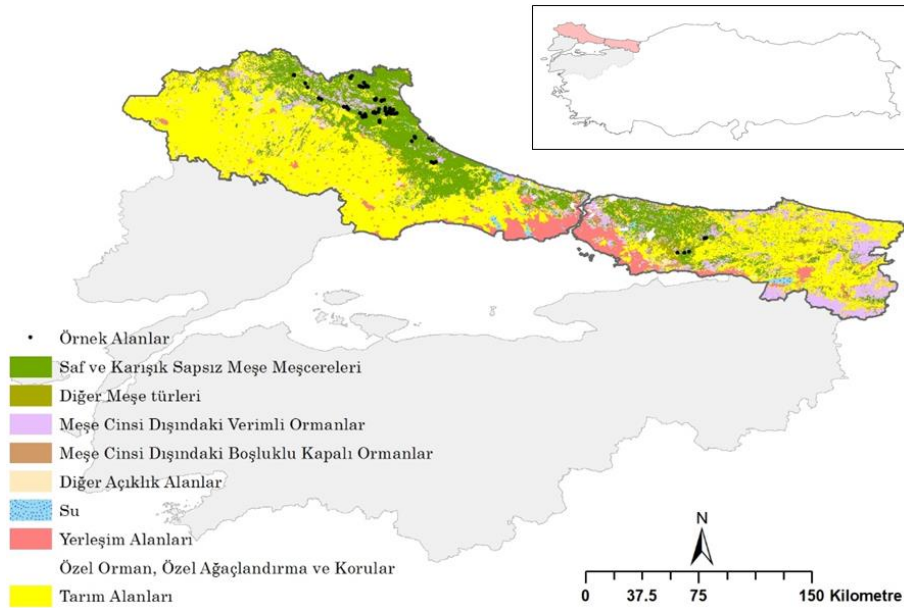
Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) meşcerelerine ait örnek noktaların yerleri belirlenirken, Marmara Bölgesinin Yıldız (Istranca) Dağları ve Çatalca - Kocaeli bölümlerindeki yayılışı, alansal büyüklükleri, meşcere kapalılık durumu (tam kapalı % 71-100), meşcere kuruluş yapısı ile meşcere kompozisyonu dikkate alınarak belirlenmiştir. Örnek noktaların yerlerinin belirlenmesinde

farklı yaş sınıfları, yetişme ortamı şartları (her bonitette örnek noktaların olması), farklı yükseklik basamakları, farklı bakı, sırt, dere, yamaç gibi farklı yeryüzü şekilleri de dikkate alınmıştır.

Yavaş büyüyen ve uzun idare süresi ile işletilen ağaç türlerinin yaş sınıfları genişliği Orman Amenajman Yönetmeliği'nde 20 yıl olarak kabul edilmektedir (OGM, 2008). Meşe cinsi ile ilgili Eraslan (1954), Eraslan ve Evcimen (1967) ve Özdemir (2013) tarafından yapılan hasılat çalışmalarında da yaş sınıfı genişliği 20 yıl alınmıştır. Bu çalışmada Marmara Bölgesi'nin kuzey bölümünde, 120 yaşa kadar sürgün kökenli saf sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) meşcereleri belirlenmiş ve buralarda örnek noktalar seçilmiştir. Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) için yaş sınıfı genişliği 20 yıl olarak kabul edilmiş ve altı yaş sınıfı oluşturulmuştur. Bu altı yaş sınıfı içerisinde yer alan I. yaş sınıfı alanları bakımından görmemiş ve göğüs çapı genellikle 8 cm'nin altında olduğundan, I. yaş sınıfı bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmış, geriye kalan II, III, IV, V ve VI. yaş sınıfları ise bu çalışmaya konu edilmiştir. Kuzey Marmara'nın Anadolu yakası bölümünde ileri yaşlarda yeteri kadar saf meşcereler olmadığından, ileri yaş sınıfındaki örnek alanlar daha çok Demirköy, Vize ve Kırklareli Orman İşletme Müdürlüklerinden alınmıştır.

Çizelge 1. Örnek noktaların çeşitli topoğrafik özellikleri ve orman işletme müdürlüklerine dağılımı

Orman işletme müdürlüğü	Yükseklik (m)	Eğim (%)	Örnek nokta sayısı
Demirköy	278-567	7-33	17
Kırklareli	517-801	4-30	11
Tekirdağ	128-165	2-14	3
Vize	295-430	0-35	25
Çatalca	77-260	8-40	5
İzmit	334-428	12-40	5
Genel	77-801	0-40	66



Şekil 1. Kuzey Marmara Bölgesi ormanları ve örnek noktaların alındığı yerler

2.2. Yöntem

2.2.1. Örnek noktaların alınması ve yapılan ölçümler

Orman hasılat çalışmalarında veriler, belirli büyüklükteki örnek alanlardan yada örnek noktalarından elde edilebilmektedir. Örnek alanlar meşcere özelliklerini yansıtacak şekilde değişik büyüklüklerde alınabilmektedir. Büyük örnek alanlarda ölçüm yapmak zor ve zaman alıcı olabilmekte ya da meşcere kuruluşu değişebilmektedir. Bu nedenle örnek alan yerine örnek noktası olarak bir konu ağaç esas alınmakta, konu ağaç ve bunu çevreleyen en yakın belirli sayıdaki komşu ağaçlarda ölçümler gerçekleştirilmektedir (Çatal, 2009). Bu nedenle çalışmamızda Çatal (2009) ve Şenyurt (2011) tarafından uygulanan 1 Konu – 10 Komşu ağaç yöntemiyle veriler toplanmıştır.

Örnek nokta olarak bir konu ağaç seçilmiş ve bu ağaca en yakın mesafede 10 komşu ağaç belirlenerek bu noktada toplam 11 ağaç örneklenmiştir. Bu ağaçların göğüs çapları ile 0,30 m yükseklikteki kütük çapları milimetre duyarlılığında ölçülmüştür. Ayrıca göğüs çapını kütük yüksekliği (kesim yüksekliği) ve bu yükseklikteki kütük çapı (d_{dk}) ile tahmin etmek amacıyla 66 adet konu ağaç kesilmiştir. Kesilen konu ağaçların toprak yüzeyinde kalan kütük yüksekliklerinin, dört yönlü olarak santimetre duyarlılığında ölçümleri yapılmış ve bu ölçüm değerlerinin ortalamaları alınarak her ağacın kütük yüksekliği tespit edilmiştir. Aynı şekilde toprak yüzeyinde kalan kütüklerin çapları da iki yönlü olarak ölçülmüş ve bunların ortalaması alınarak her ağaç için kütük çapı milimetre duyarlılığında belirlenmiştir.

Kesilen her konu ağacın 0,30 m yüksekliğinden ($d_{0,30}$ - kütük çapı) alınan kesit üzerindeki yıllık halkalar sayılmıştır. Sapsız meşe baltalık ormanlarında traşlama

sonrası ilk yıl ortalama 25-30 cm boy büyümesi meydana gelmesinden dolayı 0,30 m yüksekliğindeki kesit üzerinde sayılan halka sayısına bir eklenerek ağacın yaşı büroda belirlenmiştir.

0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı- göğüs çapı ilişkisinin farklı yaş sınıfları için belirlenmesinde kullanılan 66 örnek noktasında ölçülen toplam 726 ($66 \times 11 = 726$) ağaca ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2’de, kesilen 66 adet konu ağaca ait tanımlayıcı istatistikler ise Çizelge 3’te verilmiştir.

2.2.2. Regresyon modellerinin oluşturulması

Göğüs çapını 0,30 m’deki kütük çapı ile tahmin etmek amacıyla 66 örnek noktasında ölçülen toplam 726 ($66 \times 11 = 726$) ağaç verisi kullanılarak 3 farklı regresyon modeli test edilmiştir. Bunlar, kütük çapı ($d_{0,30}$) - göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini inceleyen bazı araştırmacılar tarafından da kullanılmış olan, Doğrusal (Linear), 2. Dereceden Polinom (Quadratic) ve Güç (Power) formundaki modeller olup Çizelge 4’te verilmiştir (Corral-Rivas vd., 2007; Özçelik vd., 2010; Milios vd., 2016).

Çizelge 4’de belirtilen modeller her bir yaş sınıfı (II, III, IV, V, VI) için ve tüm yaş sınıflarını kapsayacak şekilde genel bazda oluşturulmuş olup, M1 ve M2 modellerinin katsayıları en küçük kareler yöntemine, M3 modelinin katsayıları ise doğrusal olmayan regresyon (Non-Linear Regression) yaklaşımına göre hesaplanmıştır.

Göğüs çapını kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için 3 farklı regresyon modeli denenmiştir. Bu regresyon modelleri yaş sınıfı ayrımı yapmadan genel bazda, kesilen 66 adet konu ağaç verisi kullanılarak oluşturulmuş ve katsayıları en küçük kareler yöntemine göre hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 2. Yaş sınıflarına göre, $d_{0,30}$ - $d_{1,30}$ ilişkisinin belirlenmesinde kullanılan ağaçlara ait tanımlayıcı istatistikler

Yaş Sınıfı	Değişken	(N)	\bar{x}	SD	Minimum	Maksimum
II (20-40)	$d_{0,30}$	154	11,2	2,75	6	18,7
	$d_{1,30}$		8,9	2,09	4,7	14,8
III (40-60)	$d_{0,30}$	110	18,5	4,41	9,2	31,5
	$d_{1,30}$		15,7	3,7	9	26
IV (60-80)	$d_{0,30}$	253	21,7	4,94	10	41,4
	$d_{1,30}$		18,4	4	9	34,3
V (80-100)	$d_{0,30}$	121	26,4	5,46	16,1	41,7
	$d_{1,30}$		22,2	3,94	14,7	32
VI (100-120)	$d_{0,30}$	88	28	6,81	16,9	47,5
	$d_{1,30}$		24	5,6	14	39,7
Genel	$d_{0,30}$	726	20,5	7,47	6	47,5
	$d_{1,30}$		17,3	6,34	4,7	39,7

\bar{x} =Aritmetik ortalama, SD= Standart sapma, $d_{0,30}$ =0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı (cm), $d_{1,30}$ =Göğüs çapı (cm), N=Örnek ağaç sayısı

Çizelge 3. Göğüs çapını kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek amacıyla kullanılan ağaçlara ait tanımlayıcı istatistikler

Değişken	\bar{x}	SD	Minimum	Maksimum
$d_{1,3}$ (cm)	15,8	5,34	4,9	25,7
d_{dk} (cm)	22,85	7,54	7	38
h_{dk} (cm)	11,45	6,87	2	40

\bar{x} =Aritmetik ortalama, SD= Standart sapma, h_{dk} =Kütük yüksekliği (cm), d_{dk} = h_{dk} yüksekliğindeki kütük çapı (cm), $d_{1,30}$ =Göğüs çapı (cm).

Çizelge 4. $d_{0,30}$ - $d_{1,30}$ ilişkisi için temel alınan regresyon modelleri

Model No	İstatistiksel Model
M1	$d_{1,30} = a_0 + a_1 * d_{0,30} + \varepsilon$
M2	$d_{1,30} = a_0 + a_1 * d_{0,30} + a_2 * d_{0,30}^2 + \varepsilon$
M3	$d_{1,30} = a_0 * d_{0,30}^{a_1} + \varepsilon$

$d_{0,30}$ =0,3 m yüksekliğindeki kütük çapı (cm), $d_{1,30}$ =Göğüs çapı (cm), a_i =Model parametreleri, ε =Hata terimi.

Çizelge 5. d_{dk} , h_{dk} - $d_{1,30}$ ilişkisi için temel alınan regresyon modelleri

Model No	İstatistiksel Model
M1	$\ln(d_{1,30}) = a_0 + a_1 * \ln(d_{dk}) + a_2 * \ln(h_{dk}) + \varepsilon$
M2	$\ln(d_{1,30}) = a_0 + a_1 * d_{dk}^2 + a_2 * \ln(d_{dk}) + a_3 * \ln(h_{dk}) + \varepsilon$
M3	$\ln(d_{1,30}) = a_0 + a_1 * d_{dk} + a_2 * d_{dk}^2 + a_3 * \ln(h_{dk}) + \varepsilon$

h_{dk} =Kütük yüksekliği (cm), d_{dk} = h_{dk} yüksekliğindeki kütük çapı (cm), $d_{1,30}$ =Göğüs çapı (cm), a_i =Model parametreleri, ε =Hata terimi.

Kütük çapı-göğüs çapı ilişkisi için M1 ve M2 modellerinin ve d_{dk} , h_{dk} - $d_{1,30}$ ilişkisi için ise tüm modellerin katsayıları R bilgisayar yazılımının 3.6.1 versiyonunda yer alan **lm** fonksiyonu ile, $d_{0,30}$ - $d_{1,30}$ ilişkisi için M3 modelinin katsayıları ise **nls** fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır (R Core Team, 2019).

2.2.3. Modellerin değerlendirilmesi

Modellerin performansları, sayısal başarı ölçütleri ve hataların grafiksel analizi ile değerlendirilebilmektedir (Corral-Rivas vd., 2007). Çalışmamızda, düzeltilmiş belirtme katsayısı (Adj. R^2), ortalama hata karelerinin karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata yüzdesi (MAE %) ve Akaike Bilgi Kriteri (AIC) olmak üzere 4 adet başarı ölçütü hesaplanarak model performansları değerlendirilmiştir (Formül 1,2,3,4).

$$Adj. R^2 = 1 - \frac{n-1}{n-p} * \left(\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \right) \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (2)$$

$$MAE (\%) = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i| / n}{\bar{y}} * 100 \quad (3)$$

$$AIC = n + n * \log(2 * \pi) + n * \log(\sum (y_i - \hat{y}_i)^2 / n) + 2 * (p+1) \quad (4)$$

Formüllerde; y_i = Ölçülen göğüs çapını, \hat{y}_i = Tahmin edilen göğüs çapını, \bar{y} = Ortalama göğüs çapını, n = Veri sayısını, p = Modeldeki parametre sayısını göstermektedir. Modellerin performanslarının değerlendirilmesinde, bu başarı ölçütlerinden Adj. R^2 değerinin 1'e yakın, bunun dışındaki başarı ölçüt değerlerinin ise 0'a yakın olması beklenmektedir.

2.2.4. Yaş sınıflarına ait modellerin karşılaştırılması

Kütük çapı - göğüs çapı ilişkisi bakımından yaş sınıfları arasındaki farklılıklar doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı (Nonlinear Extra Sum of Squares) yöntemi ile ortaya konabilmektedir (Bates ve Watts, 1988; Neter vd., 1996). Bu yöntem, tam ve indirgenmiş modellerin oluşturulmasına dayanmaktadır. Tam modelde her bir yaş sınıfı farklı parametre setleri ile tanımlanırken, indirgenmiş modelde ise tüm yaş sınıfları aynı parametrelerle tanımlanmaktadır. Corral-Rivas vd. (2007) ve Özçelik vd. (2010) tarafından kütük çapı- göğüs çapı ilişkisi bakımından ağaç türleri arasındaki farklılığın ortaya konmasında da bu yöntem kullanılmıştır. Örneğin; M1 modeli ele alındığında indirgenmiş model a_0 ve a_1 olmak üzere iki genel katsayıya sahip iken, tam model, yaş sınıfları ayrımının yapılabilmesi için her bir yaş sınıfını temsil eden bir kukla değişken modele dâhil edilerek M1 modelinin iki farklı parametresinin (a_0 , a_1) genişletilmesiyle elde edilmektedir. Çalışmamızda 5 farklı yaş sınıfından ağaçlar ölçüldüğünden dolayı M1 modelinin tam modeli 10 parametrelidir (5 farklı

yaş sınıfı x 2 ana parametre) bir model olarak elde edilmektedir (Formül 5).

$$d_{1,30} = (a_{01} + a_{02} * I_1 + a_{03} * I_2 + a_{04} * I_3 + a_{05} * I_4) + (a_{11} + a_{12} * I_1 + a_{13} * I_2 + a_{14} * I_3 + a_{15} * I_4) * d_{0,30} + \varepsilon \quad (5)$$

Formüldeki a_{0i} ve a_{1i} tahmin edilen regresyon modelinin parametrelerini, ε =Hata terimini ve I_i aşağıda tanımlanan kategorik kukla değişkenleri temsil etmektedir.

- Yaş sınıfı=II ise tüm $I_i=0$.
- Yaş sınıfı=III ise $I_1=1$ ve diğer tüm $I_i=0$.
- Yaş sınıfı=IV ise $I_2=1$ ve diğer tüm $I_i=0$.
- Yaş sınıfı=V ise $I_3=1$ ve diğer tüm $I_i=0$.
- Yaş sınıfı=VI ise $I_4=1$ ve diğer tüm $I_i=0$.

Tam model ve indirgenmiş modelin eşitliği karşıt iki varsayım ile test edilmektedir (Corral-Rivas vd., 2007; Özçelik vd., 2010). Bu varsayımlar aşağıdaki şekilde olup, H_0 hipotezinin reddedilmesi kütük çapı ($d_{0,30}$) - göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisi bakımından yaş sınıflarının farklı olduğu ve 5 yaş sınıfı için ayrı bir modelin olması gerektiğini göstermektedir. H_0 hipotezinin kabul edilmesi, yaş sınıfları arasında kütük çapı ($d_{0,30}$) - göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisi bakımından herhangi bir farkın bulunmadığı ve indirgenmiş tek bir modelin tüm yaş sınıflarında kullanılabileceği anlamına gelmektedir.

- H_0 : $a_{02} = a_{03} = a_{04} = a_{05} = a_{12} = a_{13} = a_{14} = a_{15} = 0$
- H_A : En az bir parametrenin 0'dan farklı olması

Bu varsayımların denetimi aşağıda formülü verilen F testi ile yapılmakta olup, doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı bir F dağılımı göstermektedir (Formül 6).

$$F = \frac{SSE_R - SSE_F}{df_R - df_F} \div \frac{SSE_F}{df_F} \quad (6)$$

Formülde; SSE_R ve df_R indirgenmiş modelin hata kareleri toplamı ve serbestlik derecesini, SSE_F ve df_F ise tam modelin hata kareleri toplamı ve serbestlik derecesini göstermektedir. Çalışmamızda tam model 5 yaş sınıfı için 10 parametreye sahip olmakta ve serbestlik derecesi $df_F=N-10$ ile hata kareleri toplamı SSE_F olmaktadır. İndirgenmiş model ise, karşılaştırmada temel alınan iki parametrelidir M1 olup, serbestlik derecesi $df_R=N-2$ ile hata kareleri toplamı SSE_R olmaktadır.

Eğer formül 6'da hesaplanan F hesap değeri $> F_{kritik}(1-\alpha; df_R - df_F / df_F)$ olması durumunda H_0 hipotezi reddedilmekte ve kütük çapı- göğüs çapı ilişkisi bakımından yaş sınıfları arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya konmaktadır. Bu durumda hangi yaş gruplarının farklılaştığının ortaya konabilmesi için yukarıda açıklanan yöntem göre yaş gruplarının ikili olarak karşılaştırılmaları gerekmektedir. H_0 hipotezinin kabul edilmesi durumunda ise kütük çapı- göğüs çapı ilişkisi bakımından yaş sınıfları arasında anlamlı bir fark olmadığı ve tüm veriler kullanılarak oluşturulan tek bir regresyon modeli ile bu ilişkinin açıklanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

3. Bulgular

Göğüs çapını 0,30 m'deki kütük çapı ile tahmin etmek amacıyla, her bir yaş sınıfı ve genel bazda olmak üzere Çizelge 4'de verilen 3 farklı regresyon modelinin katsayıları hesaplanmış ve başarı ölçütleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

Göğüs çapını tahmin etmek için her bir yaş sınıfı ve genel bazda oluşturulan modellerin başarı ölçütleri birbirlerine oldukça yakın olup, göğüs çapındaki varyasyonu yaklaşık % 90'dan yüksek oranlarda açıkladıkları görülmektedir. Modeller göğüs çapını % 3,5- % 5,4 arasında değişen ortalama mutlak hata yüzdeleri ile tahmin etmektedirler (Çizelge 6).

Yaş sınıflarında kütük çapı ($d_{0,30}$) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini açıklayan M1(Doğrusal) model için; $d_{0,30}$ – $d_{1,30}$ ilişkisini, tahmin edilen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasını ve standardize edilmiş hataların tahmin edilen değerlere göre dağılımını veren grafikler Şekil 2'de sunulmuştur. Özellikle standardize edilmiş hataların tahmin edilen değerlere göre dağılımı incelendiğinde tüm yaş sınıflarında ve genel bazda hataların rasgele dağıldığı ve standardize edilmiş hataların büyük bir çoğunluğunun -2 ile +2 arasında değiştiği görülmektedir.

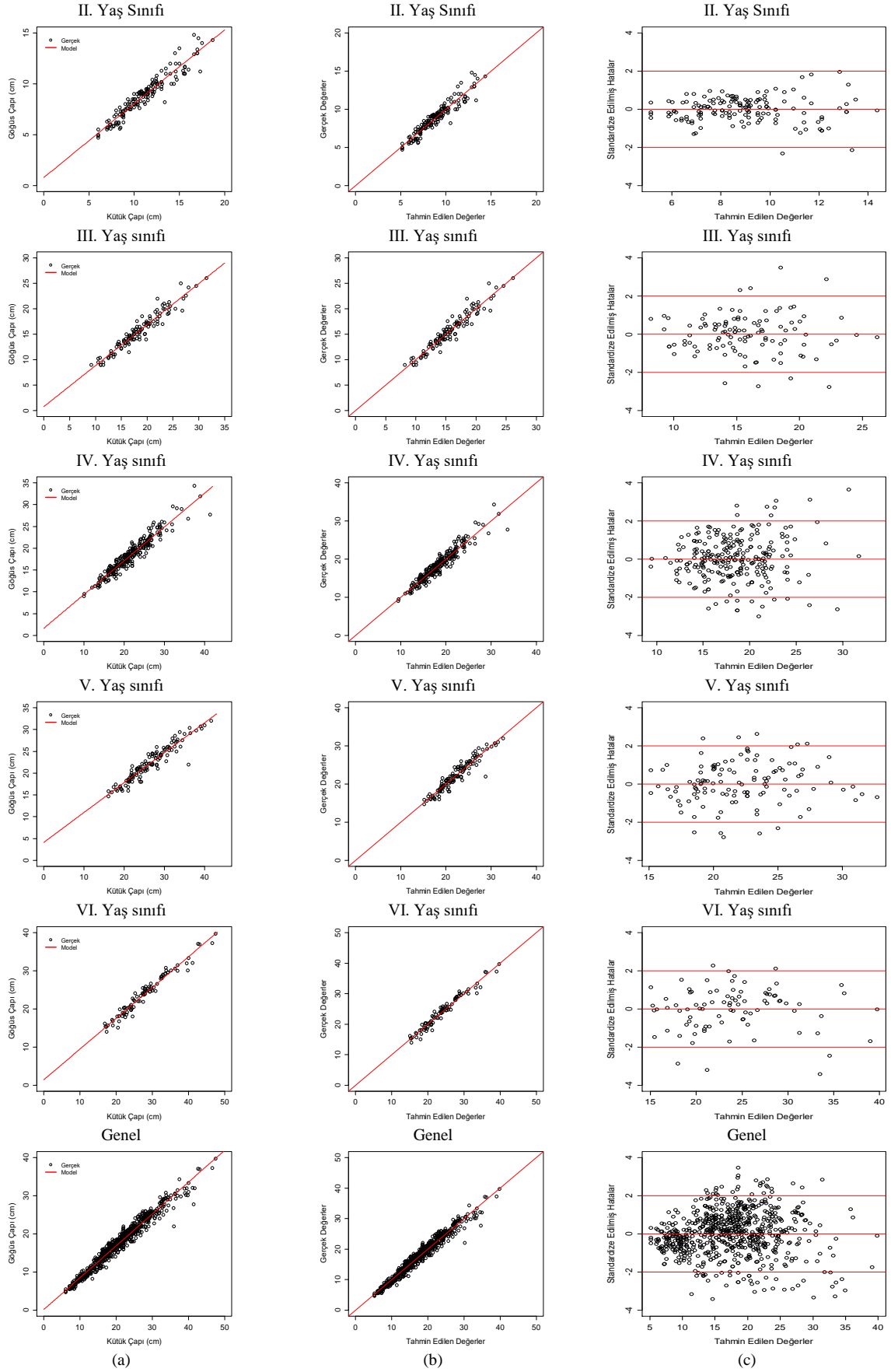
$d_{0,30}$ – $d_{1,30}$ ilişkisi bakımından yaş sınıflarının karşılaştırılması amacıyla M1 modeli temel alınarak oluşturulan tam ve indirgenmiş modellere ilişkin F testi sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Yaş sınıfları için kütük çapı ($d_{0,30}$) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini açıklayan regresyon modellerinin katsayıları ve başarı ölçütleri

Yaş sınıfı	Model	n	Katsayılar			Başarı ölçütleri			
			a_0	a_1	a_2	Adj. R ²	RMSE (cm)	MAE (%)	AIC
II (20-40)	M1	154	0,7998	0,7252	-	0,905	0,64	5,45	305
	M2		-0,2737	0,9184	-0,0082	0,906	0,64	5,34	305
	M3		1	0,9070	-	0,906	0,64	5,40	304
III (40-60)	M1	110	0,7830	0,8053	-	0,921	1,04	4,98	325
	M2		0,4291	0,8440	-0,001	0,920	1,05	4,96	327
	M3		0,9824	0,9499	-	0,921	1,04	4,96	325
IV (60-80)	M1	253	1,6708	0,7730	-	0,912	1,18	4,75	807
	M2		-0,1371	0,9367	-0,0035	0,913	1,18	4,77	806
	M3		1,1286	0,9086	-	0,913	1,18	4,75	805
V (80-100)	M1	121	4,1480	0,6844	-	0,898	1,26	4,05	403
	M2		0,3292	0,9716	-0,0052	0,899	1,25	3,96	402
	M3		1,5552	0,8134	-	0,899	1,25	3,98	401
VI (100-120)	M1	88	1,4542	0,8054	-	0,959	1,13	3,57	276
	M2		-2,2736	1,0655	-0,0043	0,961	1,11	3,52	273
	M3		1,0613	0,9365	-	0,959	1,12	3,56	274
Genel	M1	726	0,1815	0,8342	-	0,964	1,20	5,16	2324
	M2		-1,4832	1,0063	-0,0039	0,967	1,16	4,98	2278
	M3		0,9059	0,9771	-	0,965	1,19	5,16	2317

Çizelge 7. Kütük çapı ($d_{0,30}$) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisi açıklayan M1 modeli için yaş sınıfları farklılıklarını belirleyen F testi sonuçları

Yaş sınıfı	n	İndirgenmiş model		Tam model		F_{Hesap}	F_{Kritik}	Anlamlılık düzeyi
		SSE_R	df_R	SSE_F	df_F			
Genel	726	1035	724	831	716	21,97	1,951	p<0.05
II-III	264	222	262	180	260	30,33	3,031	p<0.05
II-IV	407	503	405	415	403	42,73	3,018	p<0.05
II-V	275	371	273	252	271	63,99	3,029	p<0.05
II-VI	242	226	240	173	238	36,46	3,034	p<0.05
III-IV	363	476	361	469	359	2,68	3,021	p>0.05
III-V	231	347	229	306	227	15,21	3,036	p<0.05
III-VI	198	241	196	228	194	5,53	3,042	p<0.05
IV-V	374	564	372	540	370	8,22	3,020	p<0.05
IV-VI	341	484	339	462	337	8,02	3,023	p<0.05
V-VI	209	344	207	299	205	15,43	3,040	p<0.05
(III-IV)-II	517	627	515	539	513	41,88	3,013	p<0.05
(III-IV)-V	484	699	482	664	480	12,65	3,015	p<0.05
(III-IV)-VI	451	609	449	586	447	8,77	3,016	p<0.05



Şekil 2. Yaş sınıflarında kütük çapı ($d_{0,30}$) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini açıklayan M1(doğrusal) model için; a) Kütük çapı–göğüs çapı ilişkisi, b) Tahmin edilen değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması, c) Standardize edilmiş hataların tahmin edilen değerlere göre dağılımı

Tüm yaş sınıfı verileri kullanılarak genel bazda $d_{0,30}$ – $d_{1,30}$ ilişkisi bakımından yaş sınıfları arasında istatistik olarak anlamlı ve önemli bir farkın bulunup bulunmadığı, formül 6 yardımıyla hesaplanan F istatistiği ile ortaya konmuştur. Genel olarak ele alındığında hesaplanan $F_{Hesap}=21,97$ değeri F_{kritik} (0,05; $dfR - dfF / dfF$)=1,951 değerinden büyük olduğu için H_0 varsayımı reddedilmekte ve $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde yaş sınıfları arasında anlamlı ve önemli bir farkın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu farklılığın hangi yaş sınıflarından kaynaklandığının ortaya konabilmesi için yaş sınıfları ikili olarak karşılaştırılmıştır. İkili karşılaştırmalarda tam model 4, indirgenmiş model 2 parametreye sahip olmakta ve formül 6'da verilen F değeri buna göre hesaplanmaktadır. İkili karşılaştırma sonuçlarına göre, $F_{Hesap} > F_{kritik}$ (0,05; $dfR - dfF / dfF$) olduğu için III. ve IV. yaş sınıfları hariç tüm yaş sınıflarının (II, V, VI) farklı olduğu görülmektedir. Daha sonra III. ve IV. yaş sınıfının verileri birleştirilerek tek bir yaş sınıfı gibi diğer yaş sınıfları (II, V, VI) ile tekrar ikili olarak karşılaştırılmış, III. ve IV. yaş sınıfının diğer yaş sınıflarıyla ve $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde farklılık gösterdiği saptanmıştır. (Çizelge 7).

Göğüs çapını, kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için, yaş sınıfı ayırımı yapmadan genel bazda, kesilen 66 adet konu ağaç verisi kullanılarak oluşturulan 3 farklı regresyon modelinin katsayıları ve başarı ölçütleri hesaplanarak Çizelge 8'de verilmiştir.

Göğüs çapını kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için oluşturulan modeller, göğüs çapındaki varyasyonu yaklaşık % 92 oranında açıklarken, göğüs çapını % 8 - % 9 arasında değişen ortalama mutlak hata yüzdeleri ile tahmin etmektedir. En yüksek belirtme katsayısı (Adj. $R^2=0,928$), en düşük ortalama hata karelerinin karekökü (RMSE=1,76 cm) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAE %=8,2) değerine sahip olan M3, göğüs çapını, kütük yüksekliği ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin eden en iyi model olarak seçilmiştir.

4. Tartışma ve sonuç

Kuzey Marmara Bölgesinde yayılış gösteren saf sapsız meşe meşcerelerinde göğüs çapını, 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ile tahmin etmek amacıyla her bir yaş sınıfı ve genel bazda olmak üzere, 3 farklı formdaki regresyon modellerinin katsayıları ve başarı ölçütleri hesaplanmıştır (Çizelge 6). Tüm yaş sınıflarında ve genel bazda tüm modellerin başarı ölçütlerinin birbirine oldukça yakın değerler aldığı ve göğüs çapındaki varyasyonu yaklaşık % 90 ve daha fazla oranlarda açıkladıkları görülmüştür. Ayrıca, M2 (2.dereceden polinom)'nin a_2 katsayısı yaş sınıflarında oldukça küçük değerler aldığı ve istatistik olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Kütük çapı ile göğüs çapının tahmin edilmesinde oluşturulan basit doğrusal

modellerin daha karmaşık modeller kadar güvenilir olduğu bildirilmektedir (Bylin, 1982a; Wharton, 1984). Bu nedenlerden dolayı M1 (Doğrusal)'in $d_{0,30}$ - $d_{1,30}$ ilişkisini yeterli düzeyde açıkladığı görülmektedir. Benzer sonuçlara Bylin (1982b), Corral-Rivas vd. (2007), ve Özçelik vd. (2010) yaptıkları çalışmalarda da ulaşmışlardır.

Milios vd. (2016) Macar meşesinin saf ve karışık meşcereleri için göğüs çapı ile 0,20 m yüksekliğindeki kütük çapı ilişkisini incelediği çalışmada, 11 farklı model yapısı denemiştir. Bu çalışmada, göğüs çapını doğrusal modelin % 94 R^2 ve 1,03 cm standart hata ile 2. dereceden polinom modelinin ise % 94 R^2 ve 0,99 cm standart hata değeri ile tahmin ettiğini belirtmiştir. Bu sonuçlara paralel olarak, çalışmamızda genel bazda oluşturulan modellerin göğüs çapındaki varyasyonu yaklaşık % 96 R^2 değeri ile açıkladıkları ve göğüs çapını 1,18 cm standart hata değerleri ile tahmin ettiği görülmektedir. Ayrıca Bylin (1982a) ve Wharton (1984) da meşe ağaç türleri için göğüs çapını kütük çapı yardımıyla tahmin etmek amacıyla oluşturdukları doğrusal modeller, göğüs çapındaki varyasyonu yaklaşık % 90 oranında açıklamaktadır.

Giray (1982) kütük çapı – göğüs çapı ilişkisinin genelleştirilmesi durumunda, kütük çapı ile göğüs çapı arasında $d_{1,3}=0,8*d_k$ şeklinde sabit katsayısı olmayan doğrusal bir denklem şeklinde ilişki olduğunu bildirmektedir. Bu denkleme göre göğüs çapı, kütük çapının yaklaşık %80'ne eşit olmaktadır. Çalışmamızda da genel bazda (tüm yaş sınıfları için) 0,30 m yükseklikteki kütük çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin, sabit katsayısı olmayan doğrusal bir denklem ile temsil edilmesi durumunda $d_{1,3}=0,84*d_{0,3}$ şeklinde olmakta ve Giray (1982)'nin belirlediği orandan (0,80) %4 daha fazla bir değer almaktadır.

Göğüs çapı ile 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ilişkisi bakımından yaş sınıfları arasında anlamlı ve önemli bir farkın olup olmadığı doğrusal model (M1) temel alınarak oluşturulan tam model ve indirgenmiş model ile ortaya konmuştur. Tam model ve indirgenmiş model F testi ile karşılaştırılmış ve yaş sınıflarında arasında anlamlı ve önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra yaş sınıfları ikili olarak karşılaştırılmış ve III. ve IV. yaş sınıfları arasında bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı III. ve IV. yaş sınıflarındaki veriler birleştirilerek bu yaş sınıfları için göğüs çapı ile 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı ilişkisini açıklayan tek bir doğrusal regresyon denklemi oluşturulmuş, bunların dışındaki her bir yaş sınıfının ayrı regresyon denklemleri ile temsil edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çizelge 9'da yaş sınıfları ve genel bazda olmak üzere sapsız meşe ağaç türünde 0,30 m yüksekliğindeki kütük çapı - göğüs çapı ilişkisini açıklayan doğrusal modellerin katsayıları ve başarı ölçütleri toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 8. Kütük çapı (d_{dk}), kütük yüksekliği (h_{dk}) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini açıklayan regresyon modellerinin katsayıları ve başarı ölçütleri

Model	n	Katsayılar				Uyum istatistikleri		
		a_0	a_1	a_2	a_3	Adj. R^2	RMSE (cm)	MAE (%)
M1		-0,5034	0,9661	0,1021	-	0,914	1,96	9,1
M2	66	-0,9530	-0,0002	1,1610	0,0946	0,920	1,81	8,6
M3		0,6140	0,1258	-0,0017	0,0912	0,928	1,76	8,2

Çizelge 9. Yaş sınıfları için kütük çapı ($d_{0,30}$) – göğüs çapı ($d_{1,30}$) ilişkisini açıklayan doğrusal formdaki regresyon modellerinin katsayıları ve başarı ölçütleri

Yaş sınıfı	Model	n	Katsayılar		Başarı ölçütleri			
			a_0	a_1	Adj. R ²	RMSE (cm)	MAE (%)	AIC
II (20-40)	M1	154	0,7998	0,7252	0,905	0,64	5,45	305
III-IV (40-80)		363	1,2667	0,7883	0,922	1,15	4,81	1134
V (80-100)		121	4,1480	0,6844	0,898	1,26	4,05	403
VI (100-120)		88	1,4542	0,8054	0,959	1,13	3,57	276
Genel		726	0,1815	0,8342	0,964	1,20	5,16	2324

Böylece sapsız meşelerin göğüs çaplarının kütük çapı ile tahmin edilmesinde III. ve IV. yaş sınıfı dışında her bir yaş sınıfı için ayrı ayrı oluşturulan regresyon denklemlerin kullanılması uygun olacaktır. Bu yöntem genellikle kütük çapı- göğüs çapı ilişkisi bakımından ağaç türleri arasındaki farklılığın ortaya konmasında kullanılırken (Corral-Rivas vd. 2007; Özçelik vd, 2010), bu çalışmada ise yaş sınıfları arasındaki farklılığın belirlenmesinde kullanılmıştır.

Kütük çapı- göğüs çapı ilişkisini ortaya koyan çalışmaların çoğunda belirli yükseklikteki kütük çapı ile göğüs çapının tahmin eden regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada belirli yükseklikteki (0,30 m) kütük çapı ile göğüs çapını tahmin eden modellerin yanında genel bazda (yaş sınıfı ayırımı yapmadan) göğüs çapını, kütük yüksekliği (kesim yüksekliği) ve bu yükseklikteki kütük çapı ile tahmin etmek için logaritmik formda 3 farklı regresyon modeli oluşturularak, katsayıları ve başarı ölçütleri hesaplanmıştır. Bu modellerden kütük çapı, kütük çapının karesi ve logaritmik kütük yüksekliğini bağımsız değişken alan M3 no'lu model başarı ölçütleri bakımından en iyi model seçilmiş ve bu model göğüs çapındaki varyasyonu % 92,8 oranında açıklamış ve 1,76 cm standart hata ile göğüs çapını tahmin etmiştir. Durkaya ve Durkaya (2011), Uludağ göknarı, Doğu kayını ve karaçam ağaç türleri için göğüs çapını, kütük çapı ve kütük yüksekliği ile tahmin etmek için modeller oluşturmuşlardır. Doğu kayını ve karaçam ağaç türünde logaritmik kütük çapı ve logaritmik kütük yüksekliğini bağımsız değişken alan logaritmik modelin uygun olduğunu ve bu modellerin göğüs çapındaki varyasyonu sırasıyla %97 ve %95 oranında açıkladığını belirtmişlerdir.

Ülkemizdeki meşe cinsi, hem ağaç türü çeşitliliği hem de kapladığı alan dikkate alındığında, sapsız meşe dışındaki meşe türleri için olumsuz çevre koşullarından kaynaklanan hasarların değerlendirilmesinde, illegal kesim sonucu oluşan hacim kayıplarının belirlenmesinde ve çeşitli silvikültürel uygulamaların etkilerinin değerlendirilmesinde kütük çapı- göğüs çapı ilişkisinin modellenmesi önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Bates, D.M., Watts, D.G., 1988. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications. John Wiley and Sons, New York.
- Bylin, C.V., 1982a. Estimating dbh from Stump Diameter for 15 Southern Species. USDA Forest Service Research Note SO-286, Southern Forest Experiment Station, New Orleans.
- Bylin, C.V., 1982b. Volume Prediction from Stump Diameter and Stump Height of Selected Species in Louisiana. USDA Forest Service Research Note SO-182, Southern Forest Experiment Station, New Orleans.
- Corral-Rivas, J.J., Barrio-Anta, M., Aguirre-Calderón, O.A., Diéguez-Aranda, U., 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). Forestry, 80(1): 29-40.
- Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2011. Zonguldak-Ulus Orman İşletme Müdürlüğü göknar, kayın ve karaçam ağaç türleri için kütük çapı ve boyu ile göğüs çapı ilişkisi. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 11(1): 9-17.
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. T.C. Tarım Vekâleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınları, Sıra No: 132, Seri No: 13 Kader Basımevi, Ankara.
- Eraslan, İ., Evcimen, B.S., 1967. Trakya'da ki meşe ormanlarının hacim ve hâsılatı hakkında tamamlayıcı araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, A17 (1): 31 – 56.
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Başkent, E.Z., 2015. Mixed effect models for predicting breast height diameter from stump diameter of Oriental beech in Göldağ. Scientia Agricola, 72(3): 245-251.
- Giray, N., 1982. Ağaçlarda kütük çapı, ortaçap, göğüsçapı ilişkileri. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 28(56):69-79.
- Johnson, D.S., Weigel, D.R., 1990. Models for estimating DBH from stump diameter for Southern Indiana oaks. Northern Journal of Applied Forestry, 7(2): 79-81.
- McClure, J.P., 1968. Predicting Tree dbh from Stump Measurements in the Southeast. USDA Forest Service Research Note SE-99, Southeastern Forest Experimental Station.
- Miliou, E., Kitikidou, K.G., Dalakouras, V., Pipinis, E., 2016. Diameter at breast height estimated from stumps in *Quercus frainetto* in the region of Evros in Northeastern Greece. Cerne, 22(3): 337-344.
- Myers, C.A., 1963. Estimating Volumes and Diameters at Breast Height from Stump Diameters, Southwestern Ponderosa Pine. USDA Forest Service Research Note RM-9, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins.
- Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Wasserman, W., 1996. Applied Linear Statistical Models. Times Mirror Higher Education Group, Chicago.
- OGM, 2008. Orman Amenajman Yönetmeliği. Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2015. Türkiye Orman Varlığı 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özçelik, R., 2005. Mut Orman İşletmesinde karaçam, sedir ve kızılçam ağaç türleri için dip çap-göğüs çapı ilişkileri. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(3): 83-91.
- Özçelik, R., Brooks, J.R., Diamantopoulou, M.J., Wiant Jr, H.V., 2010. Estimating breast height diameter and volume from stump diameter for three economically important species in Turkey. Scandinavian Journal of Forest Research, 25(1): 32-45.
- Özer, E., 1981. Sarıçamalarda kütük çapından yararlanarak göğüs çapının bulunması. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27(53):20-23.
- Özdemir, G.A., 2013. Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Parresol, B.R., 1993. Modeling multiplicative error variance: An example predicting tree diameter from stump dimensions in bald cypress. Forest Science, 39(4): 670-679.
- Parresol, B.R., 1998. Prediction and error of baldcypress stem volume from stump diameter. Southern Journal of Applied Forestry, 22(2): 69 – 73.

- Peng, C., Zhang, L., Zhou, X., Dang, Q., Huang, S., 2004. Developing and evaluating tree height-diameter models at three geographic scales for black spruce in Ontario. *Northern Journal of Applied Forestry*, 21(2): 83-92.
- R Core Team, 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, Erişim: 19.11.2019.
- Sağlam, F., Sakıcı, O.E., Seki, M., 2016. Stump diameter and diameter at breast height relationship for Chestnut (*Csatanea sativa* Mill.) stands in Kastamonu coastal region. *International Forestry Symposium (IFS 2016)*, 7-10 December, Kastamonu, Turkey, pp. 514-520.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2016. The relationship between diameter at stump height and diameter at breast height in red pine-black pine mixed stands. *Scientific Research Symposium in Turkish World*, 29-31 May, Celalabat, Kırgızistan, pp.679-686.
- Sakıcı, O.E., Özdemir, G., 2017. Stump diameter and diameter at breast height relationships for oriental beech and Kazdağı fir at mixed stands in Karabük. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2): 298-306.
- Şahin, A., 2016. Marmara Bölgesindeki meşe ormanlarının yayılışı, işletme amaçları ve planlanması. *Orman Genel Müdürlüğü Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 18-20 Ekim, İğneada – Kırklareli, s. 27-51.
- Şahin, A., Kahrıman, A., Göktürk, A., 2019. Estimating diameter at breast height (DBH) from diameter at stump height (DST) in triple mixed stands in the region of Artvin in Turkey. *Forestist*, 69(1): 61-67.
- Şenyurt, M., 2011. Batı Karadeniz Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şenyurt, M., 2012. Batı Karadeniz yöresi sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde kütük çapı-göğüs çapı ilişkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1): 79-87.
- Uğurlu, S., Özer, E., 1977. Kızılcamlarda kütük çapından yararlanarak göğüs çapının hesaplanması. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23(1):71-77.
- Vanclay, J.K., 1994. *Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests*. CAB International, Wallingford.
- Wharton, E.H., 1984. Predicting diameter at breast height from stump diameters for Northeastern tree species. *USDA Forest Service Research Note NE-322*, Northeastern Forest Experiment Station.
- Yaltırık, F., Efe, A., 1994. *Dendroloji*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3836, O.F. Yayın No: 431, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.
- Yavuz, H., 1996. Taşköprü orman işletmesinde sarıçam ve karaçam ağaç türlerimize ilişkin dip çap-göğüs çapı-orta çap ilişkileri ile kabuk hacminin hesaplanması. *K.T.Ü Orman Fakültesi Bahar Yarı Yılı Seminerleri*, Seminer No:2:67-75.
- Yavuz, H., 2000. Dişbudak ağaç türü için dip kütük çapı ile göğüs çapı arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *K.T.Ü Orman Fakültesi Güz Yarı Yılı Seminerleri*, Seminer No:7: 10.