

## Silvicultural evaluations on Maritime pine (*Pinus pinaster*) plantations in Istanbul

Safa Balekoğlu<sup>1\*</sup>, Aytekin Ertaş<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Silviculture, 34473, Istanbul, Turkey

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

Received (Geliş): 08.08.2015 - Revised (Düzeltilme): 21.08.2015 - Accepted (Kabul): 22.08.2015

**Abstract:** Industrial plantations have substantially reduced the pressure on natural forests. There are approximately 80.000 hectares of industrial plantations, established with fast growing coniferous species, 77.000 hectares of which are maritime pine plantations in Turkey. Furthermore, approximately 16.000 hectares of maritime pine plantations, which amount to about 20 percent of all maritime pine plantations in Turkey, occur in Istanbul. The aim of this study is to determine the silvicultural characteristics and individual tree growth pattern of maritime pine plantations owing in different site-index located in Anatolian (Kanlıca, Beykoz, Sultanbeyli and Şile-Sahilköy) and European (Bahçeköy-Bentler, Arnavutköy and Terkos-Durusu) Istanbul. In order to determine required silvicultural treatments, all the trees' live crown ratios (CR) were calculated and categorized with respect to  $CR \leq 0.30$ ,  $0.31-0.40$  and  $41 \leq CR$ . The minimum and maximum recorded values for the trees' age, DBH, height and stem volume were found in the range of 22-50 years, 26.6-46.8 cm, 14.0-23.0 m and 0.5150-1.8560 m<sup>3</sup> respectively. The results revealed that sampled trees reached to mean breast height of 1.30 m at the age of 4 years in Kanlıca, Sultanbeyli, Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu and Arnavutköy whereas the ones in Beykoz and Bahçeköy-Bentler reached the same height at the age of 3 years. According to these results, tending during the thicket stages of trees within these areas is completed at 3 to 4 years of age. In order to take advantage of the fast growing attributes of maritime pine which was found to grow fast within first 10 years, the first thinning should commence at the age of 11-12 years; thereafter, the second thinning should commence at the age of 18-20 years; finally, the final cut should be performed when the plantation is approximately 30 years of age. If rotation age is considered 40 years, the third thinning should commence at the age of 30 years.

**Keywords:** Growth-increment pattern, fast growing species, industrial plantation, thinning age, live crown ratio.

## İstanbul Bölgesi'ndeki Sahilçamı (*Pinus pinaster*) plantasyonlarının silvikültürel yönden incelenmesi

**Özet:** Odun hammaddesi talebinin, hızlı gelişen türlerle oluşturulan plantasyonlardan karşılanması doğal ormanlarımız üzerindeki baskıyı da azaltacaktır. Türkiye genelinde 80 bin hektarı aşan hızlı gelişen iğne yapraklı tür plantasyonlarının yaklaşık 77 bin hektarı sahilçamı plantasyonlarından oluşmaktadır. Bunun yaklaşık 16 bin hektarı (%20) ise İstanbul Bölgesi'nde bulunmaktadır. Bu çalışmada, Anadolu (Kanlıca, Beykoz, Sultanbeyli ve Şile-Sahilköy) ve Avrupa (Bahçeköy-Bentler, Arnavutköy ve Terkos-Durusu) yakasındaki sahilçamı plantasyonlarının silvikültürel özelliklerinin saptanması ve büyüme performanslarının tek ağaç bazında belirlenmesi amaçlanmıştır. Örnek alanlar için uygulanacak özel silvikültürel tedbirlerin belirlenmesi için bireylerin canlı tepe oranları (TO) hesaplanmış ve  $TO \leq 0,30$ ;  $0,31-0,40$  ve  $41 \leq TO$ 'ya göre kategorize edilmiştir. Örnek ağaçların yaş, göğüs çapı (cm), boy (m) ve gövde hacimleri sırasıyla 22-50; 26,6-46,8 cm; 14,0-23,0 m ve 0,5150-1,8560 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Yapılan gövde analizi sonuçlarına göre; Kanlıca, Sultanbeyli, Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu ve Arnavutköy'deki örnek ağaçların ortalama göğüs yüksekliğine 4 yaşında ulaştığı tespit edilmiştir. Öte yandan Beykoz ve Bahçeköy-Bentler bölgelerindeki örnek ağaçların ise, ortalama göğüs yüksekliğine 3 senede ulaştığı belirlenmiştir. Buna göre bu alanlarda gençlik bakım önlemleri 3-4. yaşlarda bitirilebilir. Sahilçamında tespit edilen ilk 10 yıllık hızlı büyüme enerjisinden faydalanmak için, 11-12. yaşlarda ilk aralama, 18-20. yaşlarda ikinci bir aralama (kalan ağaçların % 25-30'unun çıkartılması) uygulanarak, 30. yaşta son kesimlerin yapılması önerilebilir. İdare müddeti 40 yıl olması durumunda ise; 30. yaşta üçüncü aralamadan sonra 40. yaşta son kesim yapılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Artım-büyüme ilişkileri, hızlı gelişen tür, endüstriyel plantasyonlar, aralama yaşı, canlı tepe oranı.

### 1. GİRİŞ

İnsanoğlu doğal ormanlarda yaptığı aşırı tahribat ile kendi yaşam kaynaklarını tüketmeye yönelmiştir. Dünyada 5000 yıl içinde çeşitli nedenlerle 1,8 milyar hektar orman (yıllık ortalama 360.000 ha) yok

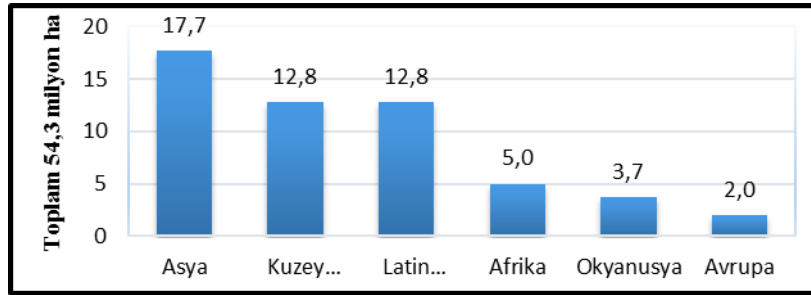
**Cite (Atf) :** Balekoğlu, S., Ertaş, A., 2016. Silvicultural evaluations on maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) plantations in Istanbul. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 391-409. DOI: [10.17099/jffiu.83735](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.83735)



olmuştur (Williams, 2003). Bu ormansızlaşma günümüzde de devam etmektedir. Örneğin; 2000 ve 2010 yılları arasında yaklaşık 52 milyon hektar orman yok olmuştur (FAO, 2012). Böylece dünya ormanları, odun ve odun hammaddesine olan ihtiyacın karşılanması için giderek artan bir baskı altındadır. Küresel nüfusun artması ile yerleşim yerlerinin orman alanlarına doğru yönelmesi ve odun hammaddesine olan talebin artması bu baskının başlıca sebeplerinden gösterilebilir. Ülkemizin odun hammadde ihtiyacı 2020 yılında 40-50 milyon m<sup>3</sup>/yıl düzeyini aşacağı tahmin edilmektedir (Birler, 1995, 2009).

1800'lü yıllarda insanın hızlı gelişen türleri keşfetmesi, ormanlara yönelik bu baskının bir nevi sonlanmasına zemin hazırlamıştır. Gelecekte odun ve odun hammaddesine olan talebin, hızlı gelişen türlerle tesis edilen ve doğal ormanların dinamosu olan endüstriyel plantasyonlardan karşılanacağı pek muhtemeldir. Endüstriyel plantasyonlar, doğal ormanların bir nevi sigortası olup, ekolojik dengenin korunmasına katkı sağlamaktadırlar. Ayrıca lif-yonga-kâğıt endüstrisi gibi endüstrilere odun ve odun hammaddesi sağlaması ile dünyadaki rollerini üstlenirler. Bu sebeplerle dünyada hızlı gelişen türlerle tesis edilen endüstriyel plantasyonlar kurulmuş ve kurulmaya da devam etmektedir (Birler, 2009).

Yeryüzünün yaklaşık 4 milyar hektarını (% 31) ormanlar kaplamaktadır (FAO, 2010). Dünyada hızlı gelişen türlerle kurulan toplam endüstriyel plantasyon alanları ise 54,3 milyon hektardır. 17,7 milyon hektar ile Asya birinci sırada, 12,8 milyon hektar ile Kuzey Amerika ve Latin Amerika ikinci sırada ve 2 milyon hektar ile ülkemizin de içinde bulunduğu Avrupa son sırada yer almaktadır (Şekil / Figure 1). Endüstriyel plantasyon alanlarının 2012'den 2022'ye % 2,28 artış ile 67 milyon hektara, 2022'den 2050'ye ise % 1,3 artış ile 91 milyon hektara ulaşacağı tahmin edilmektedir (FSC, 2012).



Şekil 1. Bölgelere göre endüstriyel plantasyon alanları (FSC, 2012)  
Figure 1. Industrial plantations by region (FSC, 2012)

Ülkemiz ormanlarının % 83'ü odun hammaddesi üretimine, % 17'si ise diğer (toprak ve su, biyolojik çeşitliliği koruma) amaçlara göre planlanmaktadır. Ormanlar üzerindeki bu odun üretimi baskısı endüstriyel plantasyonlarla hafifletilebilir. Böylece ormana olan bakış, odun üretimi bakışının aleyhine olacaktır. Bu kapsamda İstanbul Bölgesi'nde de endüstriyel amaçlı plantasyon sahaları kurulmuştur. Çatalca, İstanbul (Arnavutköy), Kanlıca ve Şile Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde endüstriyel plantasyon mantığında işletilmeye ayrılan sahalar sırasıyla 1271,8; 469,9; 3165,0; 1784,3 hektardır.

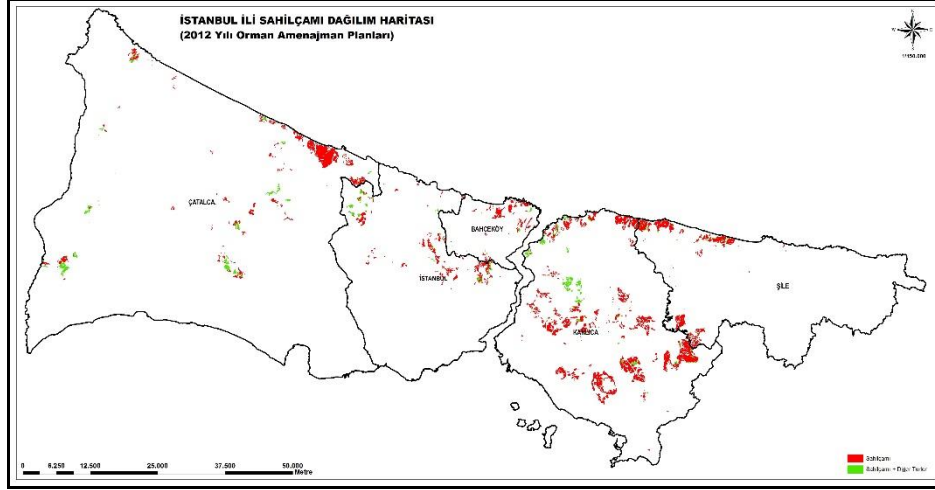
Bu çalışma ile yurdumuzun yakın gelecekte odun ve odun hammaddesine olan ihtiyacın karşılanabilmesi için makinalı çalışmaya uygun alanların öncelikli endüstriyel plantasyon alanları olarak işletilmesinin önemi ortaya konmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte farklı bonitetlerdeki sahilçamı plantasyonlarının büyüme performanslarının tek ağaçta belirlenmesi, odun endüstri sanayisi için ilk ürün elde etme yaşının (ilk aralama) saptanması ve Avrupa ve Anadolu yakasındaki sahilçamı plantasyonlarının silvikültürel özelliklerinin ve uygulanacak özel silvikültürel tedbirlerin belirlenmesi de amaçlanmıştır. Özellikle bu çalışma aşağıdaki hipotezleri araştıracaktır:

- H<sub>1</sub>. Farklı bonitetteki sahilçamı plantasyonlarının büyüme performanslarında bir farklılık yoktur.  
H<sub>2</sub>. Farklı bonitetteki sahilçamı plantasyonlarının ortalama canlı tepe oranlarında bir farklılık yoktur.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Araştırma Alanı

Araştırma alanları, İstanbul ilinin kuzey, orta kesimlerinde yer alan sahilçamı plantasyon alanlarını örnekleyecek şekilde planlanmıştır. Bu amaçla, Avrupa yakasında yer alan Bahçeköy, İstanbul, Çatalca Orman İşletme Müdürlükleri ile Anadolu yakasında yer alan Şile ve Kanlıca Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içerisinde kalan sahilçamı plantasyonları seçilmiştir (Şekil / Figure 2).



Şekil 2. İstanbul Bölgesi'ndeki sahilçamı plantasyonlarının dağılımı ve seçilen örnek alanlar  
Figure 2. Distribution of maritime pine plantations and sampled areas in Istanbul

İstanbul, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında geçiş iklimine sahiptir. İstanbul yağış özellikleri ile kuzey ve güney arasında farklılıklar gösterir. Yıllık yağış kuzeyden güneye bir azalış gösterir. Marmara kıyılarında yıllık yağış Göztepe'de 687 mm, Kartal'da 642 mm, Florya'da 635 mm; kuzey kıyılarda Kilyos'da 717 mm, Bahçeköy'de 1166 mm, Kireçburnu'nda 830 mm, Kumköy'de 817 mm, Şile'de 801 mm dolaylarındadır (Ustaoglu, 2012).

İstasyon verilerine göre; yaz aylarında ortalama sıcaklık 28 °C iken kış aylarında 8°C'dir. Ortalama yağış ise 800 mm civarındadır. Yıllık yağış kış aylarında daha çok gözükürken, yaz aylarında ise en düşük miktarda seyrederek (Ezber ve ark., 2007).

### 2.2 Yöntem

İstanbul bölgesindeki sahilçamı plantasyonlarının gelişme performanslarını belirlemek için yapılmış olan ağaçlandırmaları temsil edecek şekilde örnek alanlar alınmıştır.

Örnek alanların büyüme performanslarını ortaya koymak üzere çap (cm), boy (m) ve hacim (m<sup>3</sup>) gelişimleri tek ağaçta gövde analizi yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca konu ağaçlar sahilçamı hasılat tablosu (Özcan, 2003) verileriyle de karşılaştırılmıştır.

#### 2.2.1 Örnek Alanların Seçimi ve Yapılan Ölçümler

Avrupa yakasında yer alan Bahçeköy, İstanbul, Çatalca Orman İşletme Müdürlükleri ile Anadolu yakasında yer alan Şile ve Kanlıca Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan sahilçamı plantasyon alanları ilk olarak iyi ve orta (I ve II. bonitet) bonitet sahalar olmak üzere amenajman planından (2012) sınıflandırılmıştır. Örnek alanların seçiminde meşcerelerin saf, ağaçlık çağında (d çağı) ve tam kapalı (3) meşcereler olmasına özen gösterilmiştir. Örnek ağaçların canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı bir görünüm göstermesine özen gösterilmiştir (Tunçtaner ve ark., 1985). İyi ve orta

bonitet sahalardan 15'er adet toplamda 600 m<sup>2</sup> (20m x 30m) büyüklüğünde 30 adet örnek alan alınmıştır. Her örnek alanı temsil eden 1'er ağaç gövde analizi için seçilmiş ve bazı bölgeler için 3'er ağaç (Kanlıca, Beykoz, Sultanbeyli ve Bahçeköy'den toplam 12 ağaç), bazı bölgeler için ise 6'şar ağaç (Şile-Sahilköy, Arnavutköy ve Terkos-Durusu'dan toplam 18 ağaç) seçilmiştir. Örneğin Kanlıca ve Bahçeköy'de amenajman planına göre I. bonitet saha olmadığı için buraların I. bonitet sahalarını temsil edebilecek Beykoz ve Sultanbeyli'deki I. bonitet sahalara örneklemeye için tercih edilmiştir. Diğer bölgelerin (Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu, Arnavutköy) yeterli büyüklükte I. ve II. bonitet sahalara sahip olması nedeniyle her iki bonitetden de 3'er örnek alan alınabilmiştir.

Örnek alanlardaki tüm ağaçların göğüs çapları mm duyarlığında çap ölçer yardımıyla, boyları, kuru ve yaş dal yükseklikleri ise dijital boy ölçer ile ölçülmüştür. Ayrıca diğer meşcere karakteristik özellikleri (bakı, eğim, koordinat vb.) de kaydedilmiştir.

Gövde analizi için seçilen örnek ağaçlar yerden 30 cm yükseklikten kesilmiştir. Ağaç devrildikten sonra gövde üzerindeki dalları motorlu testere ile budanmıştır. Şerit metre yardımıyla ağacın boyu ölçülmüş, ağacın 1,30 m yüksekliği ile 2'şer metre seksiyon uzunlukları sprey boya ile işaretlenmiştir (Şekil 3). Kesit alma işlemleri; 0.30 m'den ilk kesit, 1.30 metreden ikinci kesit ve bundan sonrakiler 2'şer metre (3.30, 5.30, 7.30, ...) aralıklarla alınmıştır. Uç parça seksiyon uzunluğunun yarısından (1 m) küçük ise bir önceki seksiyon ile değerlendirilip orta noktadan kesit alınmıştır. Eğer uç parça seksiyon uzunluğunun yarısına eşit veya büyük ise ayrı bir seksiyon olarak değerlendirilip yine orta noktasından kesit alınmıştır (Şekil / Figure 3). Her bir bölgeden alınan ağaçlar aşağıdaki şekilde numaralandırılmıştır;

- Kanlıca; K1, K2, K3
- Beykoz; B1, B2, B3
- Sultanbeyli; SB1, SB2, SB3
- Şile-Sahilköy; S1, S2, S3, S4, S5, S6
- Terkos-Durusu; D1, D2, D3, D4, D5, D6
- Arnavutköy; A1, A2, A3, A4, A5, A6
- Bahçeköy-Bentler; BT1, BT2, BT3



Şekil 3. Kesilen ağaçların dallarının budanması, şerit metre ile boy ölçümü ve kesit alma işlemi  
Figure 3. Pruning of the sampled trees, height measurement of the sampled trees by tape and cutting tree disks

Kesitler alınırken devirme yönü diskler üzerinde arazide belirlenerek bütün çap ölçümleri aynı doğrultuda olması sağlanmıştır.

### 2.2.2 Örnek Alan Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Örnek alan ölçümlerinin değerlendirilmesinde öncelikli olarak hektara çevirme katsayısı, örnek alanın eğimi de dikkate alınarak formül (2) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$n=(a*b)/(\cos(\alpha^\circ)) \quad (1)$$

$$\text{Hektara çevirme katsayısı}=10.000/n \quad (2)$$

n = örnek alan büyüklüğü (m<sup>2</sup>)

$\alpha^\circ$  = örnek alanın eğimi (derece)

a = örnek alanın bir kenar uzunluğu (m)

b = örnek alanın diğer bir kenar uzunluğu (m)

Hektardaki ağaç sayısı, örnek alana giren bireylerin toplam miktarı o örnek alanın hektara çevirme katsayısı ile çarpılıp hesaplanmıştır.

Meşcere orta boyun hesaplanmasında aritmetik orta boy kullanılmıştır. Her örnek alandaki fertlerin boyları ölçülmüş ve bunların ortalamaları alınarak örnek alanların orta boyları hesaplanmıştır.

Meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi orta ağacı çapı olarak hesaplanmıştır. Örnek alanın göğüs yüzeyi toplamı, örnek alan ağaç sayısına bölünerek orta ağacın göğüs yüzeyi bulunmuş (3), daha sonra formül (4) yardımıyla meşcere orta çapı hesaplanmıştır (Özcan, 2003).

$$\bar{g}_{1,3} = \frac{G}{N} \quad (3)$$

$$d_g = \sqrt{\frac{4 * \bar{g}_{1,3}}{\pi}} \quad (4)$$

G = Örnek alan göğüs yüzeyi

N = Örnek alan ağaç sayısı

$\bar{g}_{1,3}$  = Orta ağacın göğüs yüzeyi

$d_g$  = Göğüs yüzeyi orta çapı

Örnek alan içindeki bireylerin her birinin göğüs çapı (cm) kumpas yardımıyla ölçülmüş ve formül (5) ile her birinin göğüs yüzeyleri hesaplanmıştır. Daha sonra örnek alandaki bireylerin göğüs yüzeyleri toplanmıştır. Elde edilen sonuç hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak, hektardaki göğüs yüzeyi bulunmuştur.

$$g_{1,3} = \frac{\pi}{4} * d_{1,3}^2 \quad (5)$$

$g_{1,3}$  = Göğüs yüzeyi

$d_{1,3}$  = Göğüs çapı (cm)

Meşcere hacminin hesabında formül (6) yardımıyla (Özcan 2003), örnek alandaki her bir bireyin hacimleri hesaplandıktan sonra yine aynı yazarın belirttiği düzeltme faktörü (f = 1,05839) ile tek ağaçlara ait hacimler çarpılarak, düzeltilmiş hacimler elde edilmiştir. Daha sonra bu örnek alandaki bireylere ait hacimler toplanıp hektara çevirme katsayısıyla çarpıldıktan sonra, her bir örnek alanın hektardaki hacim değerleri bulunmuştur.

$$\text{Ln}(V) = -10,0172 + 1,673353 * \text{Ln}(d) + 1,323705 * \text{Ln}(h^2 / (h-1,3)) \quad (6)$$

h; Ağaç boyu (m),

d; Göğüs çapı (cm)

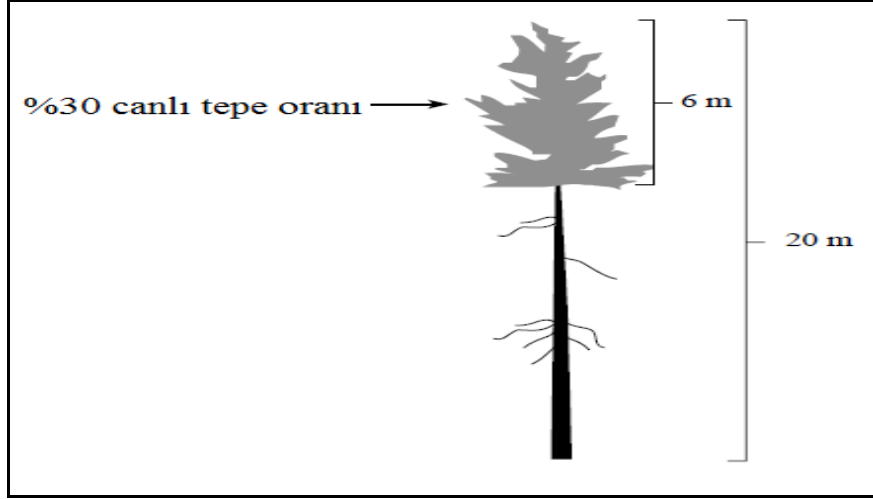
Meşcere bonitet sınıflarının belirlenmesinde, öncelikle her örnek alanda ölçülen boylardan en uzun 10 tanesinin ortalaması alınarak meşcere üst boyu hesaplanmıştır. Bulunan bu üst boylara göre sahilçami bonitet tablosundan (Özcan, 2003) örnek alanların bonitet sınıfları belirlenmiştir.

Ayrıca örnek alanlara giren bireylerin yaş dal yükseklikleri ile tepe oranları formül (7) yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{Canlı Tepe Oranı (TO)} = (H-h_y)/H \quad (7)$$

H: Ağaç boyunu (m),  
h<sub>y</sub>: Yaş dal yüksekliğini (m) ifade etmektedir.

Buna göre örnek alanlardaki bireylerin tepe oranları  $TO \leq 0,30$ ,  $0,31-0,40$  ve  $41 \leq TO$ 'ya göre kategorize edilmiştir (Şekil / Figure 4).



Şekil 4. Örnek bir ağacın canlı tepe oranının şematik görünümü  
Figure 4. Drawing of a tree's live crown ratio.

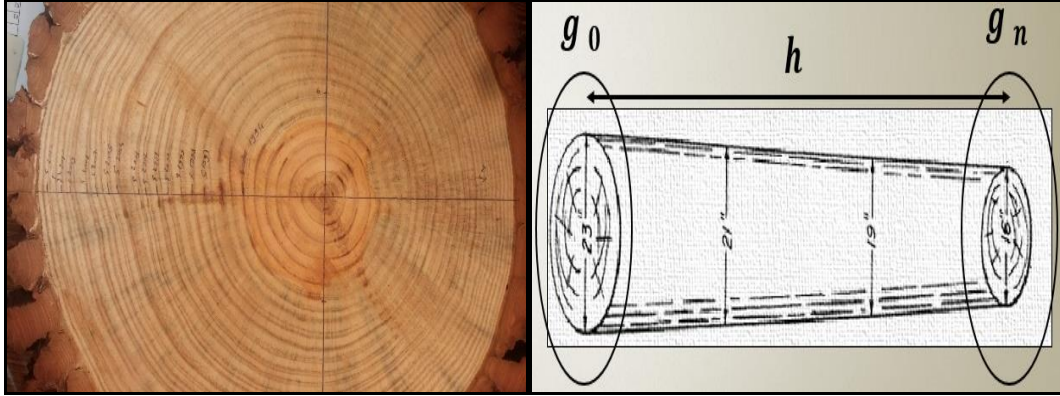
Tek ağaçta çap, boy ve hacim artımı ilişkileri orman amenajmanı açısından ürün alınacak ağacın seçilmesi ve korunmasına yönelik rotasyon süresinin ve silvikültürel tekniklerin belirlenmesi için oldukça önemli faktörlerdir (Da Silva ve ark., 2002). Gövde analizi yöntemi ise bu tek ağaca yönelik geçmiş büyüme özelliklerini ortaya koymada faydalanılan eşsiz bir yöntemdir (Husch ve ark., 2003). Bu çalışmada tek ağaçta gövde analizi yapmak için örnek ağaçlara ait kesitler kırılmayacak şekilde muhafaza edilip İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'ne getirilmiştir. Daha sonra yıllık halkaların daha kolay teşhisinin yapılması için örnek kesitler kurutulduktan sonra, zımparalanmıştır (Şekil / Figure 5).



Şekil 5. Örnek ağaçlara ait kesitlerin doğal olarak kurutulması ve zımparalanması  
Figure 5. Air-drying and sanding of the disks

Zımparalanan disk üzerinde özün tam ortasından geçecek şekilde bir birine dik iki doğru çizilmiş ve her yaş kademesindeki dört yarıçaplar cetvel yardımıyla mm hassasiyetinde ölçülmüştür. Ayrıca diskler üzerindeki sayımlarda yalancı halka ve çift yıllık halka oluşumları dikkate alınmıştır (Şekil / Figure 6).

Çizilmiş olan iki eksen üzerinde; en dışta kabuklu çaplar, takiben kambiyum tabakasında ağacın yaşı olan halka için ve diğer tüm yaşlardaki çaplar öze doğru ölçülmüştür. En dışta ölçülen çaplar kabuklu, diğerleri kabuksuz çaplar olmaktadır. Her bir örnek ağacın seksiyonları (Şekil / Figure 6) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir seksiyonun hacmi Smalian formülü (8) yardımıyla bulunmuştur (Kalıpsız, 1984). Uç parça silindir olarak kabul edilip, hacmi silindirin hacmi olarak hesaplanmıştır. Kütük hacminde,  $d_{0,30}$  kesitindeki kesit yüzeyi hem dip ( $g_0$ ) hem de son kısmın yüzey alanı ( $g_n$ ) olarak kabul edilmiş ve hacmi ona göre hesaplanmıştır. Toplam hacim (9) tüm seksiyon hacimleri, uç parça hacmi ve kütük hacmi toplanarak bulunmuştur.



Şekil 6. Disk üzerinde yıllık halka sayımı ve çap ölçümleri ve örnek bir seksiyonun şematik görünümü  
Figure 6. Counting and measuring tree rings on the disks and drawing of a sampled log section

$$V_{\text{smalian}} = \left( \frac{g_0 + g_n}{2} \right) * h \quad (8)$$

$V_{\text{smalian}}$  = Seksiyon hacmi ( $m^3$ )

$g_0$  = dip kısmın yüzey alanı ( $m^2$ )

$g_n$  = uç kısmın yüzey alanı ( $m^2$ )

$h$  = seksiyon boyu (m)

$$V_{\text{Toplam}} = V_{\text{kütük}} + V_{\text{gövde}} + V_{\text{uç}} \quad (9)$$

Çap, hacim ve boy gelişimindeki genel ( $A_{GO}$ ) ve periyodik ( $A_{PO}$ ) ortalama artımlar ayrı ayrı formül (10) ve (11) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$A_{GO} = (V) / \text{yıl} \quad (10)$$

$$A_{PO} = (V_{\text{son}} - V_{\text{ilk}}) / \text{Periyot uzunluğu (5 yıl)} \quad (11)$$

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Meşcereye Ait Bulgular

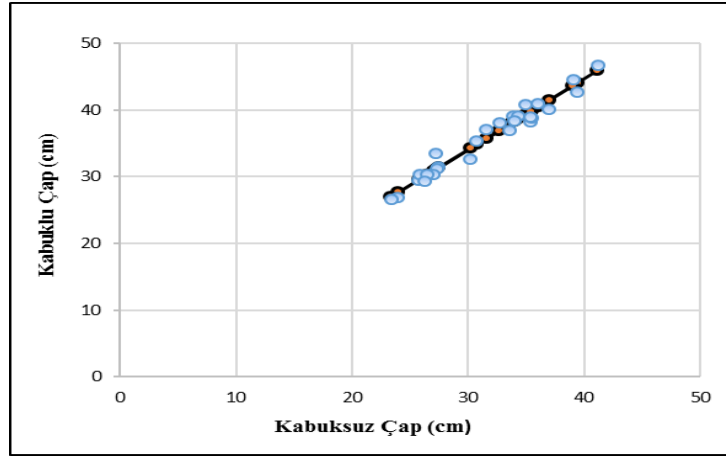
Gövde analizine konu olan ağaçların kabuklu ve kabuksuz çaplarından kabuklu çap-kabuksuz çap arasındaki ilişki aşağıdaki regresyon denklemi (12) ile açıklanmaktadır:

$$d_{\text{kbl}} = 2,350178 + 1,056695 * d_{\text{k bz}} \quad (12)$$

$d_{\text{kbl}}$  = kabuklu göğüs çapı (cm)

$d_{\text{k bz}}$  = kabuksuz göğüs çapı (cm)

Eşitliğinin (12) doğrusal olduğu tespit edilmiştir (Şekil / Figure 7). Kabuk faktörü, kabuklu çap toplamalarının kabuksuz çap toplamalarına bölünmesiyle 1,1312 olarak hesaplanmış olup denklemden biraz farklılık göstermektedir.



Şekil 7. Kabuklu göğüs çapı ile kabuksuz göğüs çapı arasındaki ilişki  
Figure 7. Pattern of diameter over bark - barkless diameter at breast height.

Meşçereye ait karakteristik bulgular Tablo / Table 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Örnek alanlara ait karakteristik bulgular  
Table 1. Summary statistics of the 30 permanent plots

Örnek Alan No	Bakı	Eğim %	Yüks elti (m)	Ağaç Sayısı (n/ha)	Ort. $d_{1,3}$ (cm)	Mak. $d_{1,3}$ (cm)	Min. $d_{1,3}$ (cm)	Ort. Boy (m)	Mak. Boy (m)	Min. Boy (m)	Göğüs Yüzeği ( $m^2/ha$ )	Meşçere Hacmi ( $m^3/ha$ )	Bonitet (Amenajman Planı, 2012)	Bonitet (Özcan, 2003)	Üst Boy (m)	Yaş	Bölgeler
1	D	33	217	581	31,3	42,0	19,7	14,5	16,6	12,5	44,8	343,74	II	II	16,1	29	Kanlıca
2	K	17	213	483	33,1	41,3	11,9	16,4	18,5	13,5	41,5	364,88	II	II	17,7	33	Kanlıca
3	KD	40	187	532	33,6	45,3	21	16,8	19,7	15	47,1	424,33	II	II	18,5	32	Kanlıca
4	B	6	166	483	34,3	44,7	22,7	18,2	20,7	15	44,6	439,97	I	II	19,6	34	Beykoz
5	D	11	121	709	32,4	43,1	11,8	15,1	20	5,0	58,4	467,70	I	II	18,3	33	Beykoz
6	B	11	159	500	30,1	44,5	17,5	16,1	19,3	13,4	35,5	316,64	I	II	17,7	34	Beykoz
7	G	28	114	612	30,0	39,7	21,6	16,6	20,4	14,2	43,2	397,98	I	II	18,5	34	Sultanbeyli
8	-	-	135	550	31,6	45,0	20,5	17,0	22,8	10,7	43,0	405,38	I	II	19,9	38	Sultanbeyli
9	KB	31	132	484	36,4	47,9	27,5	17,6	22,5	11,5	50,3	463,34	I	II	20,5	39	Sultanbeyli
10	KB	11	25	516	35,2	43,6	28,5	14,8	16,2	12,8	50,1	378,18	I	II	15,8	29	Sahilköy
11	K	15	38	484	25,9	35,0	17,5	13,8	17,0	9,8	25,5	199,75	I	II	15,6	29	Sahilköy
12	D	24	35	435	26,2	32,5	15,0	15,6	17,8	13,3	23,4	208,80	I	II	16,9	29	Sahilköy
13	-	-	17	800	23,1	33,1	12,7	14,2	16,5	10,0	33,7	279,64	II	II	15,5	30	Sahilköy
14	D	-	11	629	24,7	35,0	13,4	16,5	18,1	10,8	30,2	292,95	II	II	17,8	30	Sahilköy
15	GB	9	17	581	23,8	35,0	15,9	14,9	17,0	12,2	25,8	224,87	II	II	16,4	29	Sahilköy
16	-	-	26	667	34,0	51,7	8,9	17,0	24,0	5,0	60,6	596,16	I	II	21,1	42	Durusu
17	-	-	38	750	25,5	38,4	8,1	13,4	17,4	6	38,2	302,09	II	II	16,1	40	Durusu
18	GD	20	65	1032	31,8	54,5	16,8	18,4	22,4	12	81,9	842,89	I	II	21,0	45	Durusu
19	-	-	12	800	26,9	42,6	12,5	14,6	18,0	6,0	45,5	390,26	II	II	17,1	41	Durusu
20	-	-	16	850	25,8	41,6	14,9	13,6	17,5	10,6	44,5	344,41	II	II	16,1	47	Durusu
21	G	11	38	790	30,0	40,7	19,6	18,7	22,9	11,5	55,9	597,36	I	II	21,4	46	Durusu
22	-	-	77	517	38,0	49,5	29,5	18,1	21,0	14,8	58,5	546,19	II	II	19,4	48	Arnavutköy
23	-	-	76	533	36,2	55,0	22,5	19,0	23,0	15,1	54,8	564,29	II	II	21,6	48	Arnavutköy
24	-	-	76	467	38,7	50,7	29,5	19,6	25,1	15,0	54,7	569,62	II	II	21,7	50	Arnavutköy
25	-	-	68	683	35,4	48,3	20,0	17,5	22,3	12,0	67,2	619,67	I	II	19,9	45	Arnavutköy
26	-	-	74	583	39,1	50,0	30,0	19,7	23,0	16,0	70,2	723,82	I	II	21,6	44	Arnavutköy
27	-	-	78	517	40,6	51,0	26,7	19,9	24,0	14,1	66,8	692,95	I	II	21,9	47	Arnavutköy
28	KD	15	129	758	26,6	38,0	14,5	13,7	15,4	11,4	42,3	320,94	II	II	15,1	23	Bentler
29	D	11	142	952	25,3	33,5	14,4	13,3	14,9	6,4	47,9	359,37	II	II	14,6	22	Bentler
30	KD	22	175	806	24,8	34,0	9,8	12,8	15,8	3,3	39,0	283,20	II	II	14,5	24	Bentler



### 3.2. Tek Ağaçlara Ait Bulgular

Örnek ağaçların yaş, göğüs çapı (cm), boy (m) ve gövde hacimleri aralıkları sırasıyla 22-50; 26,6-46,8 cm; 14,0-23,0 m ve 0,5150-1,8560 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Gövde analizlerinden elde edilen hacim değerleri çift girişli hacim tablosu (Özcan, 2003) değerleri ile karşılaştırılmış olup, değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür (Tablo / Table 2).

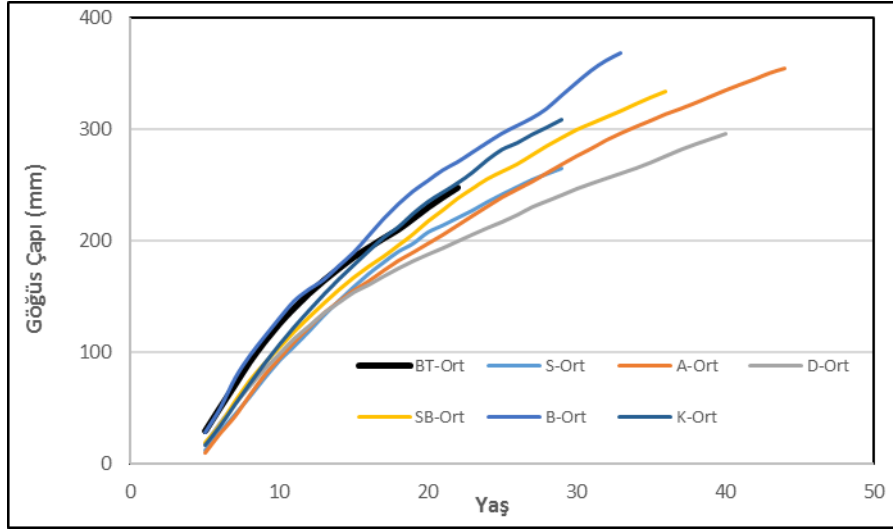
Tablo 2. Örnek ağaçlara ait bilgiler.  
Table 2. Characteristics of the sampled trees.

Örnek alan no	Ağaç no	Bölgeler	Yaş	Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)	Gövde Hacmi (m <sup>3</sup> )	Gövde hacmi (m <sup>3</sup> ) (Özcan, 2003)
1	K1	Kanlıca	29	38,9	16,4	0,9440	0,9530
2	K2	Kanlıca	33	37,1	16,8	0,8545	0,9390
3	K3	Kanlıca	32	32,7	19,0	0,9128	0,8890
4	B1	Beykoz	34	38,8	17,7	10,641	11,000
5	B2	Beykoz	33	40,1	18,0	11,316	11,480
6	B3	Beykoz	34	42,7	20,7	14,525	15,650
7	SB1	Sultanbeyli	34	38,1	19,5	0,9228	11,980
8	SB2	Sultanbeyli	38	39,1	19,4	11,372	11,750
9	SB3	Sultanbeyli	39	38,2	21,8	10,919	13,480
10	S1	Sahilköy	29	35,4	15,9	0,8546	0,7950
11	S2	Sahilköy	29	29,5	14,3	0,4777	0,5240
12	S3	Sahilköy	29	30,3	16,3	0,5670	0,6150
13	S4	Sahilköy	30	27,0	14,0	0,4102	0,4390
14	S5	Sahilköy	30	30,5	17,6	0,6524	0,7490
15	S6	Sahilköy	29	30,3	13,5	0,5290	0,5240
16	D1	Durusu	42	38,0	21,9	12,158	13,480
17	D2	Durusu	40	33,6	16,7	0,7121	0,8160
18	D3	Durusu	45	41,0	21,3	12,280	14,450
19	D4	Durusu	41	31,5	16,3	0,6654	0,6850
20	D5	Durusu	47	31,3	16,1	0,6819	0,6490
21	D6	Durusu	46	36,9	23,0	12,217	13,630
22	A1	Arnavutköy	48	40,9	21,6	13,381	15,310
23	A2	Arnavutköy	48	40,1	21,3	14,246	13,870
24	A3	Arnavutköy	50	39,1	20,8	10,172	13,290
25	A4	Arnavutköy	45	46,8	21,6	17,268	18,560
26	A5	Arnavutköy	44	38,4	22,9	12,236	14,880
27	A6	Arnavutköy	47	44,6	22,2	15,781	17,890
28	BT1	Bentler	23	29,3	15,4	0,6091	0,5370
29	BT2	Bentler	22	26,6	16,0	0,4932	0,5150
30	BT3	Bentler	24	30,4	16,6	0,5144	0,6610

#### 3.2.1. Çap gelişimlerine ait bulgular

Örnek alanlara ait 30 örnek ağacın göğüs çapı, yaş ile artan bir ilişkide olduğu görülmektedir. Büyüme döneminin ilk yıllarında yıllık halka genişliklerinin daha geniş olduğu bütün örnek ağaçlarda gözlemlenmiştir.

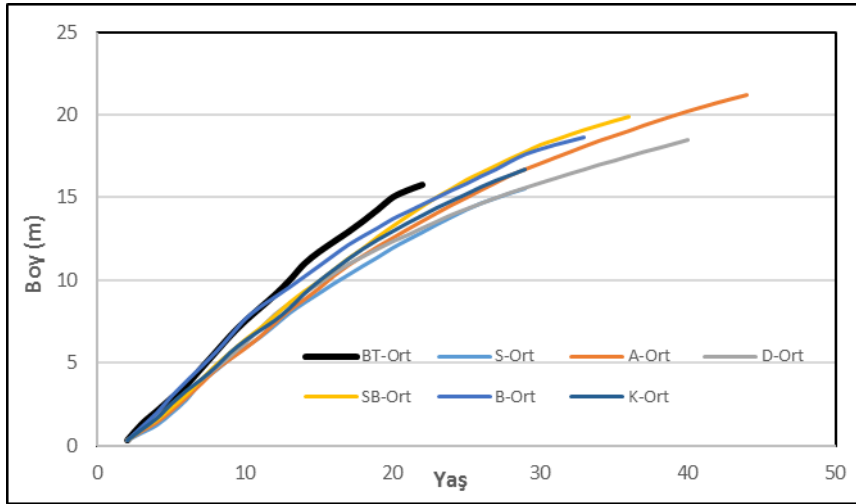
Bütün örnek ağaçlarda yapılan gövde analizi sonuçlarının bölgesel olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre çap gelişim eğrileri ilerleyen yaşlarda geniş bir dağılım göstermekte olup, Beykoz bölgesine (B-Ort.) ait ortalama çap büyümelerinin 7. yaştan itibaren diğerlerine oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan en az ortalama çap gelişimini 15. yaştan itibaren Durusu bölgesi (D-Ort.) yapmıştır. K, B, SB, D, A, S ve BT bölgelerine ait ağaçların 20. yaştaki ortalama çap değerleri sırasıyla 23,5; 25,4; 21,7; 18,8; 19,8; 20,8; 23,1 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil / Figure 8).



Şekil 8. Örnek alanların ortalama yaş-göğüs çapı ilişkileri  
Figure 8. Mean age-barkless diameter at breast height pattern of the plots

### 3.2.2. Boy gelişimlerine ait bulgular

Bütün örnek ağaçlarda yapılan gövde analizi sonuçlarının bölgesel olarak boylanma eğrileri karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre boylanma eğrileri ilerleyen yaşlarda geniş bir dağılım göstermekte olup, Bahçeköy-Bentler (BT-Ort.) bölgesine ait ortalama boy büyümelerinin 12. yaştan itibaren diğerlerine oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. K, B, SB, D, A, S ve BT bölgelerine ait ağaçların 20. yaştaki ortalama boyları sırasıyla 12,97; 13,70; 13,27; 12,34; 12,54; 11,73; 14,98 m olarak tespit edilmiştir (Şekil / Figure 9).

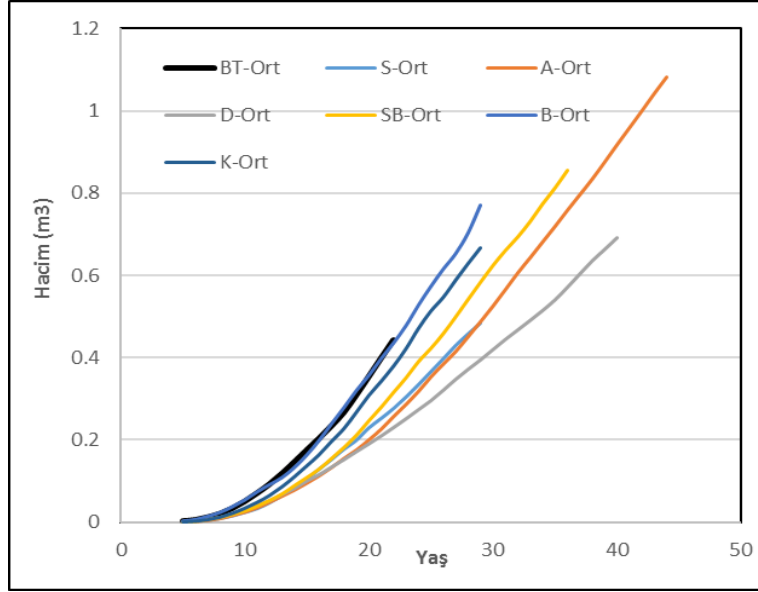


Şekil 9. Örnek alanlara ait ortalama boyların yaşa bağlı değişimleri  
Figure 9. Height- age pattern of the plots

### 3.2.3 Hacim gelişimlerine ait bulgular

Bütün örnek ağaçlarda yapılan gövde analizi sonuçlarının bölgesel olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre hacim gelişim eğrileri ilerleyen yaşlarda geniş bir dağılım göstermektedir. Beykoz ve Bahçeköy-Bentler bölgesine (B-Ort. ve BT-Ort.) ait ortalama hacim gelişim değerleri en yüksek değerler olup, aynı seviyede gelişim yaptıkları bulunmuştur. Öte yandan en az ortalama hacim gelişimini Durusu bölgesine (D-Ort.) ait örnek ağaçlar yapmıştır. K, B, SB, D, A, S ve BT bölgelerine ait ağaçların 20.

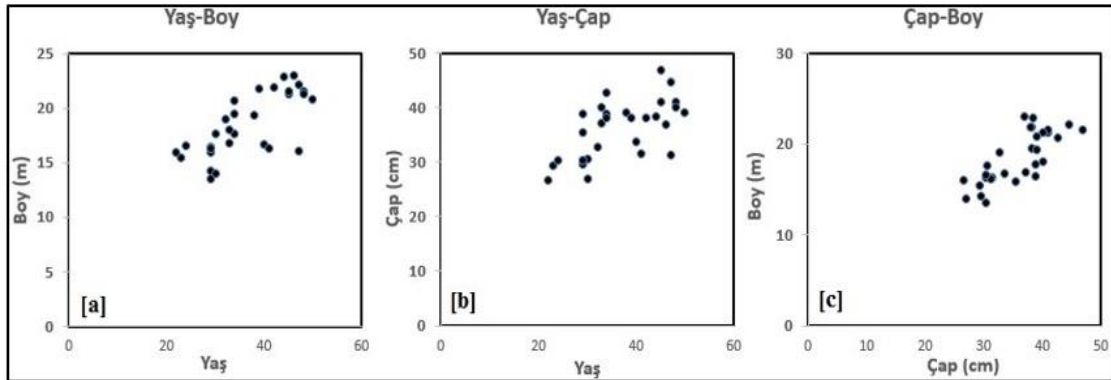
yaştaki ortalama hacim değerleri sırasıyla 0,309; 0,357; 0,247; 0,200; 0,225; 0,191 ve 0,352 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil / Figure 10).



Şekil 10. Örnek alanların ortalama yaş-hacim ilişkileri  
Figure 10. Volume-age pattern of the plots.

Örnek ağaçlara ait genel ortalama ( $A_{GO}$ ) çap, boy ve hacim artımları ve cari artımlarına ( $A_C$ ) ait bulgular Tablo / Table 3'de gösterilmiştir.

Örnek ağaçlar arasındaki yaş-boy, yaş-çap ve çap-boy ilişkilerinde; çap-boy arasındaki etkileşim  $R^2=0,62$  ile daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber yaş-boy ve yaş-çap arasındaki korelasyon sırasıyla  $R^2= 0,57$  ve  $R^2= 0,45$  olarak bulunmuştur (Şekil / Figure 11). Bazı çalışmalarda yaş-boy ve yaş-çap arasında herhangi bir korelasyon olmadığı da gözlemlenmiş olup, çap-boy ilişkisinde çok zayıf da olsa bir etkileşim olduğu görülmüştür (Niessner, 2013).



Şekil 11. Tüm örnek ağaçların karşılaştırılması; [a] yaş-boy ilişkisi, [b] yaş-çap ilişkisi, [c] çap-boy ilişkisi  
Figure 11. Comparison of the all sampled trees in: [a] height-age pattern, [b] diameter-age pattern, [c] diameter-height pattern

Tablo 3. Örnek ağaçların maksimumum cari artımları (Ac) ve genel ortalama artımları (A<sub>GO</sub>)  
Table 3. Maximum annual increment (CAI<sub>max</sub>) and mean annual increment (MAI) of the sampled trees

Örnek ağaç	Yaş	d (cm)	h (m)	V (m <sup>3</sup> )	Ac <sub>a</sub> max (cm)	Yaş	Ac <sub>h</sub> max (m)	Yaş	Ac <sub>v</sub> max (m <sup>3</sup> )	Yaş	A <sub>GOd</sub> (cm/yıl)	A <sub>GOh</sub> (m/yıl)
K1	29	38,9	16,4	0,9440	1,95	6	0,86	8,9	0,0653	24	1,34	0,66
K2	33	37,1	16,8	0,8545	1,85	9	0,72	8	0,0434	30	1,10	0,60
K3	32	32,7	19,0	0,9128	2,50	6	0,97	8	0,0623	29	1,21	0,76
B1	34	38,8	17,7	10,641	3,00	6	0,88	8	0,0788	29	1,36	0,68
B2	33	40,1	18,0	11,316	2,30	5	0,92	7	0,0740	28	1,23	0,73
B3	34	42,7	20,7	14,525	2,85	6	1,08	8	0,0833	30	1,43	0,83
D1	42	38,0	21,9	12,169	2,25	9	0,92	8,9	0,0638	37	1,15	0,73
D2	40	33,6	16,7	0,7121	2,9	5	0,80	7	0,0481	35	1,22	0,64
D3	45	41,0	21,3	12,280	2,1	5	0,72	7,8	0,0445	39	1,1	0,61
D4	41	31,5	16,3	0,6654	2,05	5	0,94	8	0,0457	36	0,95	0,70
D5	47	31,3	16,1	0,6819	2,00	5	0,74	7,8	0,0230	27	0,97	0,58
D6	46	36,9	23,0	12,217	2,45	6	0,79	10	0,0545	41	0,96	0,64
A1	48	40,9	21,6	13,381	2,35	5	0,81	7,8	0,0448	31	1,09	0,66
A2	48	40,1	21,3	14,246	2,25	5	0,73	7,8,9	0,0680	47	1,06	0,61
A3	50	39,1	20,8	10,172	2,25	7	0,71	10	0,0369	29	1,03	0,56
A4	45	46,8	21,6	17,268	2,3	5	0,91	9	0,0697	40	1,05	0,71
A5	44	38,4	22,9	12,236	1,9	8	0,79	10	0,0545	38	0,92	0,64
A6	47	44,6	22,2	15,781	2,1	7	0,82	9	0,0714	41	1,20	0,66
S1	29	35,4	15,9	0,8546	2,45	11	0,85	9,10	0,0616	26	1,26	0,65
S2	29	29,5	14,3	0,4777	1,95	9	0,73	8,9	0,0306	22	1,00	0,57
S3	29	30,3	16,3	0,5670	2,01	8	0,93	8	0,0454	22	1,13	0,71
S4	30	27,0	14,0	0,4102	1,60	12	0,62	7	0,0286	19	0,92	0,51
S5	30	30,5	17,6	0,6524	1,95	9	0,90	9	0,0386	27	1,06	0,70
S6	29	30,3	135	0,5290	1,85	11	0,71	8	0,0374	23	1,06	0,56
BT1	23	29,3	15,4	0,6091	2,00	7	1,16	7	0,0518	20	1,26	0,84
BT2	22	26,6	16,0	0,4932	2,10	6	1,00	8	0,0884	22	1,25	0,77
BT3	24	30,4	16,6	0,5144	2,55	5	1,08	8	0,0422	21	1,35	0,81

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre örnek alanlarda bonitet farkının olmadığı saptanmıştır. Aynı bonitetteki sahilçamı plantasyonlarının ortalama canlı tepe oranları meşcereden meşçereye farklılık gösterdiği görülmüştür. Böylece H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub> hipotezleri reddedilmiştir. Ayrıca sahilçamında çap ve boy gelişimleri ile örnek alanlar için silvikültürel değerlendirmeler aşağıda ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

##### 4.1 Sahilçamında çap gelişimi

Büyüme döneminin ilk yıllarında yıllık halka genişliklerinin daha geniş olduğu bütün örnek ağaçlarda gözlemlenmiştir. Örnek ağaçların çap gelişiminde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar yetiştirme ortamı şartlarına, dikim aralıklarına, zamanla değişen birim alandaki fert sayısına, genotipe, silvikültürel müdahalelere ve ağaçlar arasındaki bireysel rekabete bağlı olarak değişebilmektedir.

Sahilçamının meşcere orta çapının yaşa bağlı değişimine bakıldığında Akgül (2010), yağışlı, az yağışlı ve yarı kurak biyoiklim sınıflarında 20. yaş için çap değerlerini sırasıyla 23,8; 20,2; 15,2 cm olarak ifade etmektedir. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere örnek alanlarımızın yağışlı ve az yağışlı biyoiklim sınıflarındaki değerlere yakın olduğu görülmektedir. Araştırma bölgelerimizdeki bu sonuçlar, sahilçamının diğer türlere göre üstünlüğünü bir kez daha göstermiş olup, Akgül (2010) ve Özcan (2003) tarafından bulunan sonuçlara da paralellik göstermektedir. Çap gelişimindeki bu üstünlüğe, fert başına düşen birim alanın büyüklüğü de etki etmektedir.

#### 4.2 Sahilçamında boy gelişimi

Bölge bazında alınan örnek ağaçların ortalama boylanma eğrilerine bakıldığında ise, bütün bölgelerin ilk 5 yıl içinde yaptığı boy büyümesi bir sonraki 5 yılda yaptığı boy büyümesinden daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Nitekim Butcher (1977, 1979), ilk 3-5 yıl içindeki büyümenin takip eden sonraki 5 yıl içindeki büyümeden daha yavaş olduğuna ve bu zamandan sonra meşcere içindeki rekabetin arttığına ve büyümenin yavaşladığına işaret etmektedir. Bu rekabet, uygulanacak bazı silvikültürel müdahaleler (aralamalar, fosfor gübreleri vb.) ile azaltılabilir. Yine *Pinus koraiensis* plantasyonlarında ilk 5 yıl içindeki büyümenin takibeden 5 yıl içindeki büyümeden daha yavaş olduğu belirlenmiştir (Seo ve diğ., 2014). Bu durum, bitkinin ilk yıllarda aklimatizasyona bağlı uyum süreci ve dikim şokuna maruz kalmasıyla açıklanabilir. Bitki bu süreci atlattıktan sonra büyümesini de hızlandırmaktadır. Oliver ve Larson (1996) da birçok türün ilk yıllarda daha yavaş bir boy büyüme yaptığını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, bu durum okaliptüslerde farklılık göstermektedir. Bu türün ilk yıllarda çok hızlı bir boy gelişmesi yaptığı ve çoğu okaliptüs plantasyonlarının en yüksek boy artımını ilk 5 yıl içinde oluşturdukları belirlenmiştir (Jacobs 1955; Opie ve diğ., 1978'e atfen Harris, 2007).

Ayrıca gövde analizi sonuçlarına göre; Kanlıca, Sultanbeyli, Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu ve Arnavutköy'deki örnek ağaçların ortalama göğüs yüksekliğine 4 yaşında ulaştığı tespit edilmiş, Beykoz ve Bahçeköy-Bentler bölgelerindeki örnek ağaçların ise, ortalama göğüs yüksekliğine 3 senede ulaştığı belirlenmiştir. Bahçeköy bölgesinde (Fatih Ormanı) yapılan başka bir çalışma da ise, örnek ağaçların ortalama göğüs yüksekliğine ancak 5 yaşında ulaşabildikleri tespit edilmiştir (Çalışkan ve Baraky, 2003). Yine TUR/71/521 proje sahalarındaki örnek ağaçların göğüs yüksekliğine ulaşma yaşı 3 olarak bulunmuştur (Tunçaner, 1985). Bu bilgiler ışığında bu sahalarda daha yoğun bir kültür uygulandığı kanaatine varılmıştır. Öyle ki, Birler ve ark., (1977) yoğun kültürün uygulanmadığı bir başka sahada yaptıkları tespitite; örnek ağaçların 3 sene içinde ancak 1,04 metreye ulaştıklarını saptamışlardır.

#### 4.3 Sahilçamı plantasyonları ile ilgili silvikültürel değerlendirmeler

Gençlik bakımı önlemlerinden diri örtü ile mücadele ve boğma tehlikesinin önlenmesi için, gençlik bakımı müdahalesinin Kanlıca, Sultanbeyli, Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu ve Arnavutköy bölgeleri için 4. yaşta, Beykoz ve Bahçeköy-Bentler bölgesi için ise 3. yaşta biteceği ifade edilebilir. Çünkü bireyler buralarda 3-4. yaşlarda göğüs yüksekliğine geldiklerinden (1,30 m) biyolojik bağımsızlıklarını kazanırlar, diğer bir ifadeyle gençlik çağının sonlarına gelmiş olurlar. Diri örtü temizliği ve toprak işlemede sıralar arasında diskaro ile fidan etrafında çapa ile bakım yapılması hem ekonomik hem de hızlı olacaktır. Geniş dikim aralıkları (2x3 m, 3x3 m) ile tesis edilen sahilçamı plantasyonlarında tipik bir sıklık çağı yaşanmadığından, sıklık bakımları uygulanmadan direklik çağında aralamalara geçilir.

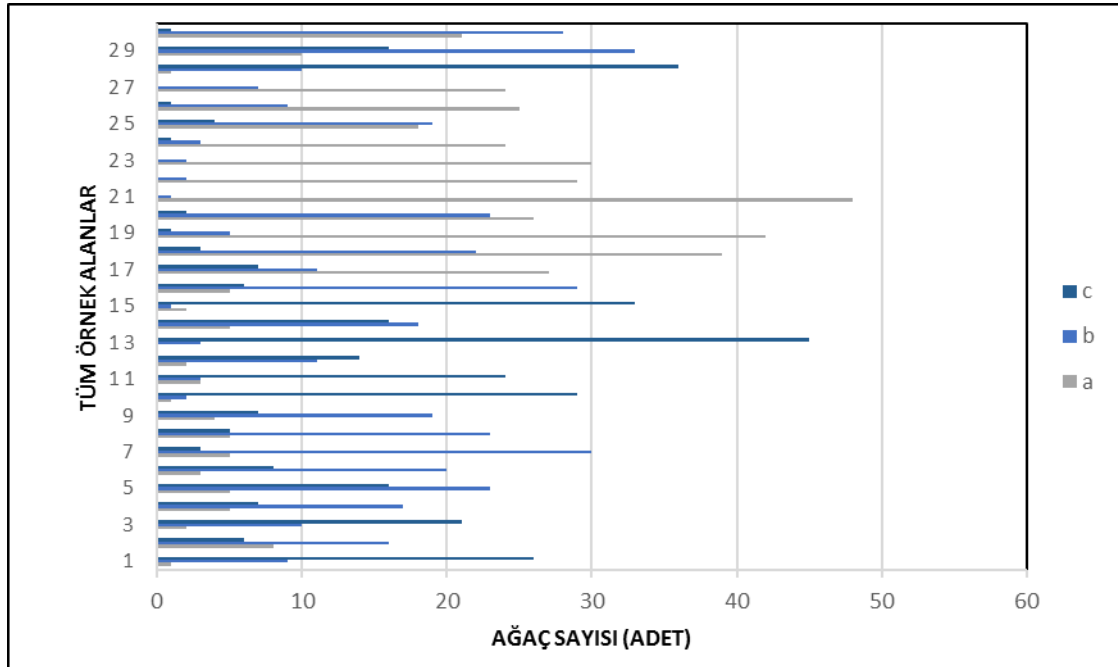
Aralamalar; rekabeti azaltarak fertlerin büyüme oranlarını artırmak, aşırı rekabetten dolayı ölümleri azaltmak gibi çeşitli nedenlerle uygulanır. Pratik olarak, meşcerenin aralama zamanını tayin etmede; canlı tepe oranı (live crown), oransal aralık mesafe (relative spacing index) ve oransal meşcere sıklığı (relative stand density) gibi birçok gösterge değerleri kullanılmaktadır. TO, canlı tepe yüksekliğinin (yaş dal yüksekliğinden itibaren) ağacın boyuna bölünmesiyle bulunmaktadır. TO, ağacın canlılığını göstermede kullanılan yaygın bir göstergedir (Long, 1985; Dyer ve Burkhart, 1987; Smith ve ark., 1997). Tepe oranı 0,40 ve daha fazla olduğu sürece ağaç, canlılığını ve normal çap gelişim oranını devam ettirmektedir (Smith ve ark., 1997; Harrington, 2001). Harrington (2001), *Pinus teada* L. plantasyonları için ideal

olarak aralama uygulamasının, ortalama tepe oranının 0,50'nin altına düşmesinden hemen sonra programlanması gerektiğini önermektedir.

Canlı tepe yüksekliğine ve tepe oranına yoğun kültür uygulamaların (analiz süresinde) herhangi bir etki etmediği, fakat dikim sıklığından önemli derecede etkilendiği belirtilmiştir (Zhao ve ark., 2012; Akers ve ark., 2013). Yani canlı tepe yüksekliği ve tepe oranı dikim sıklığının artması ile azalmakta olan bir grafik çizmektedir.

Bütün örnek alanlardaki bireylerin tepe oranları sınıflarına bakıldığında; “17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26 ve 27” numaralı örnek alanlardaki bireylerin tepe oranlarının 0,30 ve altında ( $\leq 0,30$ ) yoğunlaştığı görülmektedir. Bu meşcereler, düzenli müdahale görmediklerinden dolayı uzun süre sıkışık kapalılıkta kaldığı için artık aralamalara etkin cevap verme olasılıkları düşük olan meşcerelerdir. Stabilitate problemi olmadığı tespit edilen bu meşcerelerde; idare müddetini doldurmuş olanlar derhal gençleştirmeye alınmalıdır. Eğer bu meşcereler idare müddetini henüz doldurmadıysalar aralama objeleri olarak düşünülmelidirler. Bu meşcerelere müdahalede daha fazla gecikilmemelidir. Öte yandan Terkos-Durusu bölgesindeki (17, 18, 19, 20, 21 numaralı örnek alanlar) örnek alanlara bakıldığında sık bireylerin canlı tepe oranının beklenildiği gibi % 30'un altında olduğu görülmektedir. Ancak Arnavutköy bölgesindeki (22, 23, 24, 26 ve 27 numaralı örnek alanlar) örnek alanlara bakıldığında, meşcerenin daha gevşek yapıda olmasına rağmen bireylerin tepe oranları yine %30'un altında olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, bu alanların yakın zamanda aralama görmüş olması ve meşcere yapılan aralamalara, geç kalındığı için cevap verememiştir.

Diğer yandan, “2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 16, 19, 29 ve 30” numaralı örnek alanlardaki bireylerin tepe oranlarının 0,31-0,40 aralığında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Buna göre; bu meşcereler, düzenli müdahale görmüş ve ikinci bir aralama yapılması gereken meşcerelerdir. “1, 3, 10, 11, 12, 13, 15 ve 28” numaralı örnek alanlardaki bireylerin tepe oranları ise, 0,41 ve üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu meşcereler için; düzenli bakım görmüş olduğu için tepe gelişimleri iyi olan meşcerelerdir. Buna ek olarak, bu meşcerelerde şu an için herhangi bir aralama müdahalesine gerek duyulmaz (Smith ve ark., 1997; Harrington, 1997, 2001; Kerr ve Haufe, 2011) (Şekil / Figure 12).



Şekil 12. Tüm örnek alanlardaki bireylerin canlı tepe oranları, **a**;  $\leq 0,30$  - **b**; 0,31-0,40 - **c**;  $0,41 \leq$   
Figure 12. Crown ratio of the plots, **a**;  $\leq 0,30$  - **b**; 0,31-0,40 - **c**;  $0,41 \leq$

Genel ortalama boy artımı ise yaklaşık olarak K, B, SB, D, A, S ve BT bölgelerinde sırasıyla 16, 11, 18, 15, 17, 13 ve 14. yaşlarda maksimum değerine ulaşmakta olup, periyodik ortalama boy artımı bu bölgelerde hemen aynı (11. yaş) yaşlarda maksimum değerine ulaşmaktadır (Tablo / Table 4). Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere verilen ilk aralama yaşı (11-12. yaş) maksimum artım yaşı ile paralellik göstermektedir. Yani bireylerin maksimum boy artımından faydalandıktan sonra ilk aralama görmesi gerektiği söylenebilir.

Tablo 4. Bölgelere göre genel ve periyodik ortalama maksimum boy artım değerleri  
Table 4. Mean (MAI<sub>hmax</sub>) and periodic (PAI<sub>hmax</sub>) annual height increments by region

BÖLGELER	A <sub>GO hmax</sub> (m/yıl)	Yaş	A <sub>PO hmax</sub> (m/yıl)	Yaş
Kanlıca	0,66	16	0,78	11
Beykoz	0,77	11	0,93	10
Sultanbeyli	0,67	18	0,83	11
Terkos-Durusu	0,65	15	0,75	11
Arnavutköy	0,64	17	0,76	11
Şile-Sahilköy	0,60	13	0,77	11
Bahçeköy-Bentler	0,78	14	0,95	11
Ortalama	0,66	15	0,81	11

\* A<sub>GO hmax</sub>; Genel ortalama maksimum boy artımı, A<sub>PO hmax</sub>; Periyodik ortalama mak. boy artımı (periyot aralığı 5 yıl)

İstanbul Bölgesi'ndeki sahilçami plantasyon sahalarının amenajman planlarında (Anon, 2012) I. bonitet olarak belirtilen alanlarının, II. bonitet alanlar olduğu tespit edilmiştir. II. bonitet sahalar için tespit edilen ilk aralama yaşı (12), ikinci aralama yaşı (19) ve idare süresi (40) olarak belirlenmiştir (Birler ve Yüksel, 1983). Nitekim Akgül (2010), yağışlı (II. bonitet), az yağışlı ve yarı kurak biyoiklim sınıfında sırasıyla 5; 5 ve 6. yaşta, aralama müdahalesinin yapılmasını uygun görmüştür. Ancak az yağışlı ve yarı kurak biyoiklim sınıflarında bu yaşlarda bireyler henüz 5 cm çapa (ülkemizde kullanılan en düşük ürün çapı) ulaşamamıştır. Bu nedenle az yağışlı bölgelerde 7. yaşta, yarı kurak bölgelerde ise 8-9. yaşlarda ilk aralama müdahalelerine başlanmasını tavsiye etmektedir (Akgül, 2010). Şener (2001) ise, İzmit-Kerpe Araştırma Ormanında, Nelder deneme desenine göre farklı dikim aralıkları ile kurulmuş sahilçami plantasyonlarında, ilk aralama yaşının, meşcerede normal sıklığın alt sınır değerini geçmesiyle belirleneceğini söylemektedir. Bu metoda göre, birey başına 3.77 m<sup>2</sup> ve 4.76 -6.00 m<sup>2</sup> büyüme alanı düşen aralık-mesafe grupları için ilk aralama yaşları sırasıyla 6 ve 7. yaştır. Ancak, fert başına 2.99 ila 3.77 m<sup>2</sup> büyüme alanları için belirtilen ilk aralama yaşında bireylerin henüz 5 cm çapa ulaşmadıkları anlaşılmış ve ilk aralama yaşı 7.yaş (5 cm çapa ulaştığı yaş) olarak düzeltilmiştir.

Sahilçami plantasyonları için idare süresinin 35-45 yıl olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Alvarez ve ark., 1999; Rodriguez ve ark., 2000). Portekiz'de ise, entansif silvikültürel uygulamaların yapıldığı sahilçami meşcerelerinde birinci, ikinci, üçüncü aralamalara ve son kesimlere sırasıyla, 10-20; 20-30; 30-40 ve 45. yaşlarda başlanmaktadır (Gonzalez-Garcia, 2014). Yine Portekiz'de başka bir sahilçami plantasyonlarında ilk aralamalar 15. yaşlarda uygulanırken ikinci, üçüncü ve son kesimler sırasıyla 25; 30 ve 35. yaşlarda gerçekleştirilmektedir (Castanheira ve Oliverira, 2014).

İspanya'nın kuzeybatısı Galicia'da 2x2 m aralık mesafe ile tesis edilen sahilçami meşcerelerinde yüksek kalitede odun hacmi elde etmek için idare süresi 30 yıl olarak belirlenmiştir. Yine aynı plantasyonlar için ilk aralama (sistemik aralama) müdahalelerine 10-12 yaşlarında başladıktan sonra, meşcerede üç aralama (sistemik) daha yapılmaktadır (her aralamada kalan bireylerin %20-25'i çıkartılmaktadır). Bugün Galicia'da en yaygın olarak kullanılan 3x2 m aralık mesafe ile oluşturulan sahilçami meşcerelerinde ise, idare süresi 35 yıl olarak sınırlandırılmıştır. Bu meşcereler üç kez selektif aralama görürken, her aralamada kalan fertlerin %25-30'u çıkartılmaktadır. Galicia'da uygulanan diğer bir sistem ise, sahilçamalarının 3x3 m aralık mesafe ile plantasyonlarının kurulmasıdır. Bu sistemde en yoğun silvikültürel tedbirler uygulanmakta olup, meşcerelerin idare süreleri 35 yıl olarak belirlenmiştir. Bu meşcereler iki selektif aralama müdahalesi görmektedirler. İlk aralamaya 16-18 yaşlarında başlanıp, kalan fertlerin %33-40'ı alandan çıkartılmaktadır (Rodriguez ve ark., 2000). Burada aralamaya başlangıç zamanı ağaçların çapı değil (8 cm'e ulaşma) kapalılığın oluşması olabilir.

Bu çalışmada ise, ince direklik çağına gelme yaşı ilk aralama müdahalesinin yapılma yaşı olarak düşünülmüştür. Nitekim ilk aralama yaşının belirlenmesinde diğer araştırmacılar ile benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Buna göre aralama yaşları Kanlıca, Beykoz, Sultanbeyli, Şile-Sahilköy, Terkos-Durusu, Arnavutköy ve Bahçeköy-Bentler için sırasıyla 9; 8; 9; 10; 9; 9 ve 8. yaşlardır. Genel bir ifadeyle, İstanbul Bölgesi sahilçami plantasyonları için ilk aralama yaşının 9-10. yaş olabileceği söylenebilir. Ancak sahilçamında tespit edilen ilk 10 yıllık hızlı büyüme enerjisinden faydalanmak için ilk aralama yaşının 10. yaştan sonra, yani 11-12. yaş olmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır (Balekoğlu, 2015). Nitekim II. bonitette ilk aralama yaşının 12. yaş olması önerilmiş olup (Birlir ve Yüksel, 1983), önerilen ilk aralama yaşı ile paralellik göstermektedir. Buna ek olarak Birlir ve Yüksel (1983) II. bonitette sahilçami plantasyonlarında ilk aralama zamanını bireylerin 6,5-7,0 m (12. yaş) boya ulaştıkları zaman yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bundan itibaren örnek alanlarımızın 9-10. yaşlarda ortalama 5,5 m boya ulaştıkları görülmektedir (Tablo / Table 5). 11- 12. yaşlarda ise 6,5-7,0 metre boya ulaştıkları da tespit edilmiştir.

Tablo 5. Bütün örnek alanlara ait bireylerin direklik çağına ortalama gelme yaşları ve boyları.  
Table 5. Mean age and height in pole stage of the plots by region

Bölgeler	İnce direklik çağı (cm)	Yaş	Boy (m)
Kanlıca (K)	9,00	9	5,5
Beykoz (B)	8,90	8	5,3
Sultanbeyli (SB)	8,73	9	5,4
Şile-Sahilköy (S)	8,87	10	5,7
Terkos-Durusu (D)	8,88	9	5,6
Arnavutköy (A)	8,50	9	5,6
Bahçeköy-Bentler (BT)	9,20	8	5,6
<b>ORTALAMA</b>	<b>8,87</b>	<b>9</b>	<b>5,5</b>

\*İnce direklik çağı ( $d_{1,3}$ ; 8-10,9 cm)

Aralamaların, yetişme ortamı koşullarının heterojen olması ve ıslah edilmiş tohumlardan (tohum bahçesinden temin edilen) elde edilen fidanların kullanımının yaygın olmaması nedeniyle selektif aralama şeklinde uygulanması yararlı olacaktır. Sahilçami plantasyonların İstanbul için idare müddeti 30 yıl olması durumunda; 11-12. yaşta yapılacak olan ilk ılımlı alçak aralamadan sonra 18-20. yaşlarda ikinci bir aralama (kalan ağaçların %25-30'unun çıkartılması) uygulanarak 30. yaşta son kesimlerin yapılması önerilebilir. İdare müddeti 40 yıl olması durumunda ise; 30. yaşta üçüncü aralamadan sonra 40. yaşta son kesim yapılabilir.

Sahilçaminin fakir ve tahrip olmuş yetişme ortamlarına kolay adapte olması ve bu zor şartlarda hızlı bir büyüme göstermesi sebebiyle, sahilçami ile yapılan ağaçlandırmalar Akdeniz ülkelerinde geniş yer kaplamaktadır (Papanastasis ve ark., 1995). Ülkemizde ise, sahilçami plantasyonları 70743 ha normal, 6348,7 ha bozuk olmak üzere toplam 77091,7 hektarı kaplamaktadır (Anon, 2006). 2010 eylem planına göre, 2014 yılı sonuna kadar 15 bin hektarlık endüstriyel plantasyonlar kurulması gerekmektedir (OGM, 2010). Buna ek olarak, 2013-2017 stratejik (OGM, 2012) planında 50 bin hektar öncelikle hızlı gelişen yerli türlerle olmak üzere endüstriyel ağaçlandırmalar kurulması hedeflenmiştir. Tüm bunlar dikkate alındığında sahilçaminin tesis ehliyetini alması, İstanbul'daki aktüel sahilçami endüstriyel plantasyonlarının da biran önce plantasyon ormancılığı mantığında işletilmesini gerektirmektedir. Bir başka açıdan yaklaşılacak olursa, bu plantasyonlar yüksek kar amacı hedefleyecek şekilde yönetilmek istendiğinde (gerçek endüstriyel plantasyon hedefi), şu anki piyasa talepleri doğrultusunda en arzu edilen yönetim şeklinin en yoğun silvikültürel uygulamaları barındıran yönetim şekli olduğu belirtilmektedir (Rodriguez ve ark., 2000). Bu çalışmaya göre; İstanbul'daki sahilçami plantasyonlarında ilk hasılanın 11-12. yaşlarda alınacak olması odun endüstrisi için umut vericidir. İstanbul'un odun endüstri sanayilerine yakın olması daha az maliyetle nakliyat kolaylığı da sağlamaktadır. Bu katkı, İstanbul'daki endüstriyel sahilçami plantasyonlarının önemini bir kez daha artırmaktadır. Nitekim İstanbul'un yaklaşık 240 bin hektarı ormanlarla kaplıdır. Bunun yaklaşık % 2,9 (yaklaşık 7 bin ha)'u 2012 yılında endüstriyel amaçlı sahilçami plantasyonları olarak işletilmeye başlanmıştır. Eğer gelecek, odun ve odun hammaddesine olan ihtiyacı kaçınılmaz kılacaksa ya da doğal ormanlardan elde edilen hasılat azaltılmak istenecekse (doğal



ormanların korunması), aktüel endüstriyel plantasyonların gerçek plantasyon mantığında işletilmesi gereği kaçınılmaz olacak ve potansiyel sahalara endüstriyel plantasyon olarak değerlendirilmesinin bir kez daha düşünülmesi gerekecektir.

### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Yrd. Doç. Dr. Aytekin ERTAŞ danışmanlığında, Balekoğlu (2015) tarafından hazırlanmış Yüksek Lisans Tez çalışmasının özetidir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 45495 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akers, M. K., Kane, M., Zhao, D., Teskey, R. O., Daniels, R. F., 2013. Effects of planting density and cultural intensity on stand and crown attributes of mid-rotation loblolly pine plantations. *Forest Ecology and Management* 310: 468-475.

Akgül, S., 2010. Sahilçamının (*Pinus pinaster* Aiton) Türkiye'deki Gelişimi Üzerine Biyoiklimsel Değerlendirmeler, Thesis (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul University.

Alvarez Gonzalez, J.G., Rodriguez Soalleiro, R., Vega, G., 1999. Elaboracio'n de un modelo de crecimiento dinamico para rodales regulares de *Pinus pinaster* Ait. en Galicia. *Sistemas Recursos Forestales* 8(2): 319-334.

Anonim, 2006. Orman varlığımız, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. *Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.

Anonim, 2012. 2012 yılı orman amenajman planları, Orman Genel Müdürlüğü.

Balekoğlu, S., 2015. İstanbul Bölgesi'ndeki Sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton) Plantasyonların Silvikültürel Yönden İncelenmesi, Thesis (MSc), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul University.

Birler, A. S., Doğru, M., Usta, H., Özdal, H., 1977, A preliminary study of early growth in TUR/71/521 project and AGM plantations, FAO: DP/TUR/71/521 working document, 37: 19.

Birler A.S., Yüksel, Y., 1983. Sahilçamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması. *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni* 19: 295-348.

Birler, A.S., 1995. Ormanlarımızın korunması için endüstriyel plantasyonların önemi. *TEMA Vakfı Yayınları*, İstanbul.

Birler, A. S., 2009. Endüstriyel Orman Ağaçlandırmaları. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi yayınları, Düzce.

Butcher, T.B., 1977. Impact of moisture relationships on the management of *Pinus pinaster* plantations in WA, *Forest Ecology and Management* 1: 97-107.

Butcher, T.B., 1979. Management of *Pinus pinaster* plantations on the Swan coastal plain for timber and water yield, Australian Water Resources Council Technical Paper 42.

Castanheira, P., Oliveira, J., 2014. Land expectation value calculation in *pinus pinaster* forestry. 21st annual european real estate society conference in Bucharest, Romania.

Çalışkan, A., Baraky, T., 2004. İstanbul Fatih Ormanı'nın silvikültürel değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 54(B1): 69-82.

Da Silva, R.P., Dos Santos, J., Tribuzy, E.S., Chambers, J.Q., Nakamura, S., Higuchi, N., 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in central Amazon, Brazil. *Forest Ecology Management* 166: 295-301.

- Dyer, M. E. ve Burkhart, H. E., 1987. Compatible crown ratio and crown height models. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 572-574.
- Ezber, Y., Şen, Ö.L., Kındap, T., Karaca, M., 2007. Climatic effects of urbanization in Istanbul a statistical and modeling analysis. *International Journal of Climatology* 27: 667-679.
- FAO, 2010. Global forest resources assessment, Main report.
- FAO, 2012. State of the World's forests, Report.
- FSC, 2012. Strategic review on the future of forest plantations, Forest Stewardship Council (FSC), October 4, Helsinki-Finland.
- Gonzalez-Garcia, S., Dias, A. C., Feijoo, G., Moreira, M. T. ve Arroja, L., 2014. Divergences on the environmental impact associated to the production of maritime pine wood in Europe, French and Portuguese case studies. *Science of the Total Environment*, 472: 324-337.
- Harrington, T.B., 1997. Silvicultural approaches for thinning southern pines: method, intensity and timing, School of forest resources, Georgia.
- Harrington, T.B., 2001. Silvicultural approaches for thinning southern Pines: Method, intensity and timing, Macon, Georgia Forestry Commission.
- Harris, F., 2007. *The Effect of competition on stand, tree, and wood growth and structure in subtropical Eucalyptus grandis plantations*, Thesis (PhD), Southern Cross University.
- Husch, B., Beers, T.W., Kershaw, J.A. Jr., 2003. Forest Mensuration. 4th ed. Hoboken (NJ), Wiley.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3194-354.
- Kerr, G., Haufe, J., 2011. A Silvicultural Guide; Thinning Practice. Forestry Commission, Edinburgh.
- Long, J. N., 1985. A practical approach to density management. *Forestry Chronicle* 61: 23-17.
- Niessner, A., 2013. *Stem Growth Dynamics of Picea glauca (Moench) Voss in Interior Alaska*, Thesis (MSc), Hohnheim University.
- OGM, 2010. Orman Genel Müdürlüğü, 2010-2014 eylem planı, Strateji geliştirme dairesi başkanlığı.
- OGM, 2012. Stratejik plan 2013-2017. Orman Genel Müdürlüğü, İstanbul.
- Oliver, C.D. ve Larson, B.C., 1996. Forest Stand Dynamics. John Willey, Sons, Inc. Update Edition, New York, pp. 519.
- Özcan, B. G., 2003. *Sahilçamı (Pinus pinaster Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme*, Thesis (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul University.
- Papanastasis, V., Koukoura, Z., Alifragis, D., Makedos, I., 1995. Effects of thinning, fertilisation and sheep grazing on the understory vegetation of Pinus pinaster plantations. *Forest Ecology and Management*, 77(1): 181-189.
- Rodriguez Soalleiro, R., Alvarez Gonzalez, J.G., Schroöder, J., 2000. Simulation and comparison of silvicultural alternatives for evenaged Pinus pinaster stands in Galicia (Northwestern Spain). *Annual Forest Science* 57: 747-754.
- Seo, Y. W., Balekoglou, S., Choi, J. K., 2014. Growth pattern analysis by stem analysis of Korean white pine (Pinus koraiensis) in the central Northern Region of Korea. *Forest Science and Technology* 1-7.
- Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J., Ashton, P. M. S., 1997. The Practice of Silviculture. John Wiley, New York, 560, ISBN: 978-0-471-10941-9.
- Şener, G., 2001. *Kerpe Araştırma Ormanı Sahilçamı (Pinus Pinaster Ait.) Ağaçlandırmalarında Aralama ve Artım-Büyüme İlişkileri*, Thesis (M.Sc), Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul University.

Tunçtaner K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1985. Türkiye’de endüstriyel ağaçlamalarda kullanılabilir olacak sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton) orijinlerinin seçimi üzerine araştırmalar, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni*, 21: 43-102.

Ustaoğlu, B., 2012. Comparisons of annual meanprecipitation gridded and station data: An example from Istanbul, Turkey. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 26: 71-81.

Williams, M., 2003. Deforesting The Earth: From Prehistory to Global Crisis, University of Chicago Press, ISBN: 0-226-89926-8.

Zhao, D., Kane, M., Borders, B., 2012. Crown ratio and relative spacing relationships for loblolly pine plantations. *Open Journal of Forestry* 2(3):107-112.