



**YENİCE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ
KARAKAYA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ KAYIN-
KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERELERİNDE
GÖVDE ÜZERİNDE TUTULAN KARBON
MİKTARI BELİRLENMESİ**

Hakan İŞCAN

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR**

**YENİCE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ KARAKAYA ORMAN
İŞLETME ŞEFLİĞİ KAYIN-KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERELERİNDE
GÖVDE ÜZERİNDE TUTULAN KARBON MİKTARI BELİRLENMESİ**

Hakan İŞCAN

**T. C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR**

**KARABÜK
Ekim 2021**

Hakan İŞCAN tarafından hazırlanan “YENİCE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ KARAKAYA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ KAYIN-KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERELERİNDE GÖVDE ÜZERİNDE TUTULAN KARBON MİKTARI BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR
Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 05/10/2021

| <u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u> | <u>İmzası</u> |
|---|---------------|
| Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR (KBÜ) | |
| Üye : Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR (KBÜ) | |
| Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kadir KAYAHAN (BÜ) | |

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hakan İŞCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİCE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ KARAKAYA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ KAYIN-KARAÇAM KARIŞIK MEŞCERELERİNDE GÖVDE ÜZERİNDE TUTULAN KARBON MİKTARI BELİRLENMESİ

Hakan İŞCAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr.Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR

Ekim 2021, 65 sayfa

Bu çalışmada Yenice Orman İşletme Müdürlüğü Karakaya Orman İşletme Şefliği sahasında mevcut kayın-karaçam karışık meşcerelerinde gövde üzerinde tutulan karbon miktarı belirlenmiştir. Bu amaçla seçilen 10 Adet Kayın 9 Adet Karaçam örnek ağaçlarından yararlanılarak Karaçam ve Kayın biyokütleleri ve içerdikleri karbon miktarları tespit edilmiştir. Buna ilaveten alınan örnek parçalar üzerinden ahşap malzemenin bazı mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular Kayın ağaçlarının ortalama göğüs çapı 43,4 cm, hacmi 1,868 m³, biyokütlesi 947 kg, karbon içeriği %48,5, olarak bulunmuştur. Karaçamda ise ortalama göğüs çapı 52,7 cm, hacmi 3,415 m³, biyokütlesi 1139 kg, karbon içeriği %51,4 olarak bulunmuştur. Ahşap malzemenin mekanik özellikleri incelendiğinde Basınç direnci kayın için ortalama 66,90 N/mm² iken, karaçam için 51,18 N/mm² bulunmuştur. Yapılan çalışmada Kırılma direncine sahip Kayın örnekleri 62,74 N/mm² olur iken Karaçam

bireylerine ait örnek malzemelerden elde edilen veriler için kırılma direnci 48,18 N/mm² sonuçları elde edilmiştir. Bu alanda mevcut Karaçam ağaçları Kayın ağaçlarından daha fazla biyokütleyle sahip olduğu için karbon tutma miktarları daha fazla olacaktır. Bununla birlikte Kayın ağaçlarının mekanik dirençlerinin daha yüksek olması barındırdığı karbonu daha uzun süre muhafaza edebileceği kanaati oluşturmaktadır. Her iki ağaç türünün de biyolojik olarak karbon depolama bakımından verimli olması, aynı zamanda ahşap sektöründeki kullanım alanlarının geniş olması nedeni ile atmosferik karbonun uzun süreler boyunca ahşap materyalde saklı kalacağını düşündürmektedir.

Anahtar Sözcükler : Biyokütle, Basınç direnci, Kırılma direnci, Ahşap, Kabuk.

Bilim Kodu : 120412

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE CARBON AMOUNT RETAINED ON THE BODY IN THE BEECH-LARCH MIXED STAND OF THE KARAKAYA FOREST ENTERPRISE YENICE FOREST DIRECTORATE

Hakan İŞCAN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Forest Industrial Engineering Department**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Ahmet DUYAR

October 2021, 65 pages

In this study, the amount of carbon retained on the trunk of the existing beech-larch mixed stands in the Karakaya Forestry Operations Directorate of Yenice Forestry Management Directorate was determined. Larch and Beech biomass and their carbon content were determined by using 10 Beech and 9 Larch sample trees selected for this purpose. In addition, some mechanical properties of wood material were determined on the sample pieces taken. Findings from the study The mean chest diameter, volume, biomass of beech trees were determined 43,4 cm, 1,868 m³, 947 kg, respectively, and carbon content was 48.5%. On the other hand, the average chest diameter, volume, biomass of larch were 52.7 cm, 3,415 m³, 1139 kg, respectively, and its carbon content was 51.4%. When the mechanical properties of the wood material are examined, the compressive strength was found to be 66.90 N/mm² on average for beech and 51.18 N/mm² for larch. In the study, the fracture resistance of Beech samples was 62.74

N/mm², while the fracture resistance results of 48.18 N/mm² were obtained for the data obtained from the sample materials of Larch individuals. Since the existing Larch trees in this area have more biomass than the Beech trees, the amount of carbon sequestration will be higher for Larch trees. However, the higher mechanical resistance of beech trees creates the opinion that they can preserve the carbon they contain for a more extended period of time. The fact that both tree species are biologically efficient in terms of carbon storage and also the broad usage areas in the wood industry suggest that atmospheric carbon will remain hidden in the wood material for long periods of time.

Key Word : Biomass, Pressure resistance, Fracture resistance, Wood, Bark.

Science Code : 120412

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez araştırma konusunun belirlenmesi, planlanması, araştırılması, deney numunelerinin tasarlanması, deneylerin yapılmasında ilgi-alaka desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, engin bilgi, birikim tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme, motive etme ve bilimsel temeller ışığında bu çalışmayı şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Duyar'a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilimsel alanda yapmış oldukları katkılarından dolayı kıymetli sayın hocalarım Doç. Dr. Hüseyin YÖRÜR ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Mustafa ERER'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları ve deneylerin yapımı sırasında yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Ar. Gör. Ahmet AÇIL'a, Karakaya Orman İşletme Şefliği Orman Muhafaza Memurları Şükrü ÖZEN'e, Şenol AYTEPE'ye, Ercan Akbaş'a, Gökhan ALTUN'a, Mustafa YILDIRIM'a, Onur YAVUZ'a, Veli MANTAŞ'a, Hasan CAN'a ve bölge personeli Şenel KABA'ya; fiziki iş gücü imkânları sağlayan S.S Gökbel Tar. Kal. Koop. Başkanı Mehmet Ali İNCEBACAK, S.S Yirmibeşoğlu Tar. Kal. Koop. Başkanı Hüseyin KAZANCI, S.S Yirmibeşoğlu-Bir Tar. Kal. Koop. Başkanı Serdar YİRMİBEŞ, S.S Esenköy Tar. Kal. Koop. Başkanı Kemal İNCEBACAK ve kooperatiflerin ortaklarına teşekkür ederim.

Geçen süre zarfında hep yanımda olan sevgili Eşim Esra İŞCAN' a, Annem Gülşen İŞCAN' a, babam Şaban İŞCAN' a, kardeşim Kadir İŞCAN' a, oğlum Osman İŞCAN' a ve tüm aile bireylerime vermiş oldukları destelerden ötürü teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasının hazırlamasında Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince KBÜBAP-FDT-2020-2347 numaralı proje kapsamında verilen maddi destekten dolayı Karabük Üniversitesi Rektörlüğü'ne de şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| İÇİNDEKİLER | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| | |
| BÖLÜM 1 | 1 |
| GİRİŞ | 1 |
| | |
| BÖLÜM 2 | 16 |
| LİTARETÜR ÖZETİ..... | 16 |
| | |
| BÖLÜM 3 | 24 |
| MATERYAL VE YÖNTEM..... | 24 |
| 3.1. MATERYAL..... | 24 |
| 3.1.1 Araştırma Alanı Bilgileri | 24 |
| 3.2. YÖNTEM..... | 27 |
| 3.2.1. Örnek Alan Tespiti | 27 |
| 3.2.2. Hazırlık Çalışmaları..... | 27 |
| 3.2.3. Arazi Çalışmaları | 27 |
| 3.2.4 Kesit Örneklerinin Alınması..... | 32 |
| 3.2.5. Laboratuvar İşlemleri..... | 35 |
| | |
| BÖLÜM 4 | 39 |
| BULGULAR VE TARTIŞMA | 39 |
| 4.1. ÖRNEK AĞAÇLARIN BIYOKÜTLE ÖZELLİKLERİ..... | 39 |
| 4.2. BIYOKÜTLENİN KARBON İÇERİĞİ | 42 |

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 4.3. AĞAÇ TÜRLERINE GÖRE AHŞAP MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ | 48 |
| 4.4. AHŞAP MATERYALİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE AĞAÇLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNİN İLİŞKİSİ..... | 57 |
| | |
| BÖLÜM 5 | 59 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | 59 |
| | |
| KAYNAKLAR | 61 |
| | |
| ÖZGEÇMİŞ | 65 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 3.1. | Karakaya O.İ.Ş idari sınırları ve 72 no'lu bölmenin şeflik içindeki konumu..... | 25 |
| Şekil 3.2. | 72 No'lu bölmeye ait topografik harita..... | 26 |
| Şekil 3.3. | Meşcere üzerinde örnek ağaçların seçilmesi ve ölçülmesi..... | 28 |
| Şekil 3.4. | Meşcere üzerinde örnek ağaçların seçilmesi ve ölçülmesi..... | 28 |
| Şekil 3.5. | Örnek ağaç kesimi..... | 29 |
| Şekil 3.6. | Örnek ağaç gövde üzerinde dal temizliği..... | 30 |
| Şekil 3.7. | Örnek ağaç şerit metre yardımı ile tam boy ölçümü..... | 30 |
| Şekil 3.8. | Örnek ağaç ölçümü..... | 31 |
| Şekil 3.9. | Örnek ağaç orta bölüm tam daire örneği alımı..... | 31 |
| Şekil 3.10. | Örnek ağaç kesim örneği değerleri ölçümü karnelme işlemi..... | 32 |
| Şekil 3.11. | Örnek ağaç kesim örneği değerleri ölçümü..... | 32 |
| Şekil 3.12. | Örnek ağaçtan kesit örneği alımı..... | 33 |
| Şekil 3.13. | Kayın örnek ağacına ait dal örneği değerleri ölçümü..... | 33 |
| Şekil 3.14. | Yapılan çalışma amacının anlatımı..... | 34 |
| Şekil 3.15. | Örnek ağaçtan alınan parça ile kesim örneği hazırlama..... | 34 |
| Şekil 3.16. | Arazi de toplanan örneklemelerin kurutulması..... | 35 |
| Şekil 3.17. | Örnekleme numunelerinin hazırlanması a) ve b) ve numaralandırılması c)..... | 37 |
| Şekil 3.18. | Örneklere basınç direnci testlerinin uygulanması a), ve test sonuçlarının bilgisayar ortamında kayıt altına alınması b)..... | 37 |
| Şekil 3.19. | Örneklerin öğütülmesi (a) ve paketlenmesi (b)..... | 38 |
| Şekil 4.1. | Ağaç türlerine ve göğüs çapına bağlı olarak kabuklu gövde hacminin değişim grafiği..... | 42 |
| Şekil 4.2. | Kayın ağaç türüne ait dip, orta, tepe, dal ve kabuk kısımlarının karbon tutma miktarlarını gösterir grafik..... | 45 |
| Şekil 4.3. | Karaçam ağaç türüne ait dip, orta, tepe, dal ve kabuk kısımlarının karbon tutma miktarlarını gösterir grafik..... | 46 |
| Şekil 4.4. | Kayın gövde kabuğunda karbon oranını gösterir grafik..... | 47 |
| Şekil 4.5. | Karaçam gövde kabuğunda karbon oranını gösterir grafik..... | 47 |
| Şekil 4.6. | Karaçam gövde bölümlerinin öz odunu basınç direnci grafiği..... | 50 |

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 4.7. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu basınç direnci grafiği..... | 51 |
| Şekil 4.8. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu basınç direnci grafiği. | 52 |
| Şekil 4.9. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu basınç direnci grafiği. | 53 |
| Şekil 4.10. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu kırılma direnci grafiği. | 54 |
| Şekil 4.11. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu kırılma direnci grafiği. | 55 |
| Şekil 4.12. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu kırılma direnci grafiği..... | 56 |
| Şekil 4.13. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu kırılma direnci grafiği..... | 57 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Çizelge 4.1. Örnek ağaçların biyokütle verileri. | 40 |
| Çizelge 4.2. Ağaç türlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimine ait ANOVA sonuçları. | 42 |
| Çizelge 4.3. Ağaç türlerine ve gövde seksiyonlarına bağlı olarak karbon oranlarının değişimi. | 43 |
| Çizelge 4.4. Ağaç türlerine ve odun tiplerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi. | 44 |
| Çizelge 4.5. Ağaç türlerine ve gövde bileşenlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi. | 44 |
| Çizelge 4.6. Ağaç türlerine ve gövde bölümlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi. | 45 |
| Çizelge 4.7. Göğüs çapına bağlı olarak gövdedeki karbon miktarının değişimi. | 48 |
| Çizelge 4.8. Ağaç türüne bağlı olarak basınç ve kırılma analizleri. | 49 |
| Çizelge 4.9. Ağaç türlerinin odun tiplerine ve bölümlerine bağlı olarak mekanik özellikleri. | 49 |
| Çizelge 4.10. Ahşap materyalin mekanik özellikleri ile ağaçların bazı özelliklerine ait korelasyon. | 58 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Canlı çeşitliliği bakımından orman; yaşam alanlarına has mevsim özellikleri oluşturabilen, belirgin rakım farklılıklarına sahip, toprak altı ve toprak üstü canlı organizmalar, yaban hayvanları, sürüngenler ile ağaç, ağaççık ve otsu ve odunsu tek yıllık ve çok yıllık diğer bitkilerin beraberlerinde yapılandıkları döngü olarak belirtilir. (Ayanoglu, 1996).

Ülkemizde 6831 sayılı Orman Kanunu'na göre tabii olarak yetişen veya emekle yetiştirilen ağaç ve ağaççık toplulukları yerleriyle birlikte orman sayılır.

Ayanoglu'na (1996), göre i) ağaç, ii) ağaççık ve iii) topluluk tanımları aşağıdaki şekillerde yapılmıştır.

- “Ağaç; en az 8 m ve daha yukarı boy yapabilen kökü, gövdesi, tepesi olan, odunsu bitkilere, yaşı, çapı ne olursa olsun ağaç denir.”
- “Ağaççık; yan dallarının çoğalması ve fazlaca gelişmesi neticesinde tepesi yayvanlaşan, genel olarak genişliğine bir büyüme şekli gösteren, boyu 8 metreyi bulmayan, uzun ömürlü odunsu bitkilere çapı ne olursa olsun ağaççık denir.”
- “Topluluk; ağaç ve ağaççıkların veya her ikisinin birlikte buldukları saha üzerinde tabii olarak 0.1 ve daha fazla kapalılık teşkil etmesi halidir. “

İnsanlık varlığının ilk günlerinden bu yana insanoğlunun ihtiyaçlarını temin etmek için kullandığı ormanların geçen süre içerisindeki değişimi ve gelişimi, sürekli insanoğlunun doğadan beklentileri değiştikçe farklılık göstermektedir. İlk çağlarda barınma ve ısınma gibi zorunlu ihtiyaçlar için faydalanılan ormanlar, gün geçtikçe artan farklı talepler doğrultusunda ormanlara olan tahribatın artmasına neden olmuş ve

bu nedenle insanoğlu gelecek nesillerin korunması için tahribatın azalması gerekliliği dűşüncesini ortaya koymuşlardır (Öztürk ve Türker2005).

Doğa farklı yönleri ile topluma sağladığı yararları ve kattığı çeşitli kültürel zenginliklerle ormanların sürdürülebilir has varlıklarının değerini fark edilebilir ölçüde göstermekte, bu sebeple dünya üzerinde birçok millet milli mirasları olarak gördükleri ormanlarını korumak amacı ile hukukun üstünlüğünü gereksinim olarak görmüşlerdir (Ayanoğlu, 1996).

Yapısal farklılıklara sebep olan kendiliğinden gelişen etmenler ve beşerî faktörler ormanların doğal kimliklerinde geçen süre içerisinde yeniliklere neden olabilmektedir. Ülkemiz yeşil servetimizin %29'u 3 (> %70 kapalı) kapalı, %14'ü 2 (%41-70 kapalı) kapalı ve %13'ü 1 (%11-40 kapalı) kapalı normal yapıda ormanlardır. Bu alanlar dışarisinde bırakılan %44'ü içerisinde barındıran kısım ise bozuk yapılı ya da gevşek serbestlikte (%11'den daha düşük) alanlardır (OGM, 2017; Duyar, 2018).

Dünya genelinde orman varlıkları dağılımı neticesinde gelişmiş ülkeler orman varlıklarının %40 oranında sahibi iken gelişmekte olan ülkeler %60 oranında orman varlıklarına sahip durumdadır. Rusya, Brezilya, Kanada, ABD, Çin, Avustralya ve Kongo Cumhuriyeti gibi ülkeler dünya orman alanın yaklaşık 2/3'sini kaplamaktadır. Dünya yüzölçümünün yaklaşık 4.1 milyar ha'lık alanı orman ile kaplıdır ancak bu alanların %66'ının kullanılmadığı düşünölmektedir. Dünya üzerinde orman varlıklarının yaklaşık %35'inin Amerika Kıtasında, %20'sinin Afrika'da, %5'inin Avrupa'da, %12'sinin Asya'da, %5'inin de Pasifik'te mevcut olduğu belirtilebilir. İbrelili ormanlar yarım kürenin kuzeyinde ağırlıklı dağılım gösterirken yapraklı ağaçlara ait türler genellikle yarım kürenin güneyine hâkimdir. Dünya genelinde yapraklı ağaçların kapladığı alan ibrelili ağaçların kapladığı alandan daha fazla olmasına rağmen ibrelili bireylerin artımdaki katkısı yüksek olmasından dolayı ibrelili ormanlar yapraklı ormanlara nazaran daha çok servet barındırır (Tuncer vd., 2010).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütünün 1997 yılında yapılan araştırmaları neticesinde dünya üzerinde yıl içerisinde kaybedilen ormanlık alan yaklaşık 14 milyon ha olduğu belirtilmiş olup, kayıp ormanlık alanların yaklaşık 6 milyon ha'nı Güney

Amerika, yaklaşık 4 milyon ha Afrika da ve yine yaklaşık 4 milyon ha' da Asya da olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kayıp ormanlık alanların yaklaşık %40'ı Amerika ve %30' u Afrika kıtasında geriye kalan alan kayıp ormanlık alan ise Asya kıtasında olduğu belirtilirken, gelişmiş ülkeler için bu durum farklı değerler gösterme eğilimde olup, gelişmiş ülkeler için yıllık ormanlık alan artımı yaklaşık 2 milyon ha civarlarındadır (Tuncer vd., 2010).

Türkiye ormanlık alan serveti bakımından Avrupa ülkeleri arasında üçüncü sırada yer alırken ilk sırada İsveç ikinci sırada ise Finlandiya bulunmaktadır. AB 'ye kayıtlı ülkelere ait ormanlık alanlar dünya orman alanının sadece %3'ünü kaplamasına rağmen oduna dayalı ürünlerin ihracatında İsveç, Finlandiya, Fransa, Almanya ve Avusturya gibi ülkeler ilk sıralarda yer alır (Tuncer vd., 2010).

Ülkemiz yüz ölçümünün %27 'si ormanlar ile kaplı iken bu oran dünya üzerinde ortalama %32' dir. Ülkemiz ormanlarının verimlilik alan oranı yaklaşık %44 civarlarında olmasına karşın bu oran dünya ormanlarının verimlilik oranı % 70' in üzerindedir. Ülke ormanlarımızın verimlilik oranının bu denli düşük olmasının sebepleri günümüz ormancılık politikalarından ziyade üzerinde uzun süre medeniyetlere beşiklik etmiş Anadolu topraklarının geçirmiş olduğu ağır tahribatlara maruz kalmış olması düşünülmektedir (Tuncer vd., 2010).

Ormanlar ülkelerin oduna dayalı hammadde ihtiyaçlarının karşılandığı temel doğal kaynaklar olup, Her ülke milli servetlerini genelde yurttaşlarının temel gereksinimlerini karşılayacak kadar tüketme politikası güder ve bu yüzden oduna dayalı hammadde çok fazla ihracata konu edilmez. Ancak 1990'lı yıllardan sonra gelişmekte olan ülkeler için oduna dayalı hammadde ihtiyacı artarken gelişmiş ülkeler de durum tam tersi istikamette hareket etmektedir. Geçen süre içerisinde oluşan toplum bilinci ve sosyal sorumluluk duygusunun artması neticesinde orman canlılarının tür zenginliği sağlanmış ve yeşil servetin korunması şuuru odun üretimi yapan firmaların teknoloji ile tanışmasını sağlamış bu durumun ülkelerin odun hammadde tüketiminde azalmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber oduna dayalı ürünlerin üretiminde teknoloji kullanımı ile birlikte kırsal alanlarda bulunan nüfus için ülke kalkınmasına destek sağladığı tespit edilmiştir. Yaşlı ormanların endüstriyel odun

üretimine katılması ile ülkelerine sağladıkları sosyal ve ekonomik katkılarının yanı sıra yaşlı bireylerin yerlerine getirilen genç ormanların ürettikleri oksijen miktarları, kökleri ile korudukları orman toprakları ve bünyelerinde bulundukları diğer faydaları ile ölçülemeyen yararlar da sağladıkları görülmektedir (Gürses vd., 2000).

Orman ekosistemleri temel yapılarında ağaçlar bulunan ancak bunlarla beraber farklı bitkiler, canlı organizmalar, yaban hayatını oluşturan varlıklar ve orman varlığının gereksinim duyduğu diğer kaynakları ile beraber oluşturdukları tepkime sonucu meydana gelen ve bu varlıkların etkileşimlerini kendilerine has kılan ortak yaşam alanları bulunan büyük canlı yapılardır (Daşdemir, 2011).

Orman ekosistemi içerisinde barındırdığı doğal kaynaklar neticesinde insanoğlunun gereksinimlerini duyduğu değerler ile orman varlıklarına giderek artan ilgi ve ihtiyaç doğrultusunda doğa ağır tahribatlara maruz kalmıştır. Teknolojik gelişmeler sonucu gelişen sanayii, yeni yerleşim yerlerinin yapılandırılması için kullanılan oduna dayalı hammadde ihtiyacı için tüketilen orman varlığı ve hızlı artan dünya nüfusuna bağlı olarak ihtiyaç duyulan ısı gibi gereksinimler sonucu serbest salınım halinde bulunan sera gazları ve karbon gazlarının miktarları ve etkileri daha fazla artmakta olup, iklim değişikliği, toprak kaybı, tür kaybı ve çevresel sorunların artmasına sebep olduğu görülmüştür (Sivrikaya ve Bozali, 2012).

Yer küre içerisinde barınan gazlar neticesinde oluşan atmosferde az miktarda asal gazlar mevcuttur. Güneş yöneliminden gelerek atmosferden geçen ışınlar yer küreyi ısıtır. Yer küre içerisinde bulunan bir kısım sıcaklık atmosferde salınım yapan bazı gazlar tarafından emilir ve yer kürenin sıcaklık değerlerindeki düşüşün azaltılması sağlanmış olur. Isıyı tutma becerisine sahip atmosferik yapı neticesinde yeryüzü sularının sıcaklığı sabit derecede kalması sağlanır. Bu sayede küçük ve büyük akarsu ve göllerin buzlanmalarına imkân verilmemiş olunur. Yer küreye ait atmosferik yapının ısı tutma ve yalıtma tepkimeleri sera etkisi olarak bilinir. Geçtiğimiz süreler içerisinde yer kürede serbest halde bulunan karbon miktarı çevre kirlilikleri neticesinde ani artışlar göstermektedir. Yer küre içerisine beşerî etkenler sebebiyle salınımlından atmosfere katılan Metan, Ozon ve Kloroflorokarbon (CFC) gibi sera gazlarının tümü ısı tutma yeteneğine sahiptir. Karbondioksit ve atmosferden süzülen

kısa dalga boylu ışınları tutabilen diğer gazların yer küredeki seviyelerindeki fazlalık atmosferdeki ısı dengesinin değişmesine neden olmaktadır. Bu durum küresel ısınma adı ile bilinir (Özmen, 2009).

Atmosferden çıkamayan karbondioksit oluşan süre içerisinde dünya üzerinde bulunan odunsu ve otsu tek yıllık ve çok yıllık bitkilerin kök ve gövde yapılarından yaprak ve kabuk içeriklerine kadar orman biyokütlesi içerisinde hapsedebilir. Bu nedenle yeşil servet dünya içerisinde serbest gezinen karbon gazını yüksek oranda emilim sağlayan önemli yutak alanların başında gelir. Tutulan karbondioksit gazları orman ekolojisinde bulunan tüm otsu ve odunsu bireylerin sahip olduğu genetik yapılarında değişik şekillerde karbon depo edilir (Ataf, 2017).

Dünya atmosferinde CO₂ oranının giderek yükselmesi, sera etkisi yapan diğer gazlarla birlikte küresel (dünya çapında) iklim değişimine ve sıcaklık artışına neden olmaktadır. Küresel iklim değişiminin nedenleri üzerinde yapılan araştırmalar, bu görüngü üzerinde CO₂'nin etkisinin %55-80 olduğunu göstermiştir (Asan, 1995).

Bilindiği üzere, bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂'yi alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürmektedir. CO₂ alımının bitkilerdeki yaprak miktarına bağlı artması ve diğer bitki topluluklarına oranla en fazla yaprak miktarının da ormanlarda bulunması nedeni ile CO₂ tüketimi en fazla ormanlarda meydana gelmektedir. Bu gerçek nedeniyledir ki, yeryüzündeki orman alanlarının korunması ve ağaçlandırma yoluyla genişletilmesi, pek çok araştırmacı tarafından küresel iklim değişimini geciktirmede en etkin yöntem olarak önerilmektedir.

Orman ekosistemlerinin küresel ısınma üzerindeki etkileri karbon birikimi araştırmaları ile ortaya konmaktadır. Rio Sözleşmesi ve Helsinki sürecine imza koyan ülkeler ormanlardaki karbon bilançosuna bakarak ilgili ülkelerin sera etkisi üzerindeki olumlu ya da olumsuz katkısını değerlendirmektedir. Karbon birikimi saptamaya yönelik çalışmalarda önce ormanda fotosentez yoluyla oluşan bitkisel kütle miktarı saptanarak bu kütle içindeki karbon miktarı belirlenmekte sonra da bu karbon miktarına eşdeğer CO₂ miktarı hesaplanmaktadır. Belirli zaman dilimleri içindeki

karbon bilânçosu ise; ormanların ürettiği bitkisel kütle ile bu kütleden kesim, yangın, vb. gibi çeşitli nedenlerle eksilen bitkisel kütle farkını belirleyip birbirinden çıkartmak suretiyle ortaya konmaktadır (OGM, 2020).

Yapılan araştırmalar ışığında atmosferdeki toplam karbondioksit, teknolojik gelişimlerinden önceki önemlerde 275-285 ppm olurken geçen süre içerisinde 2005 yılında 379 ppm' ye kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar son çeyrek asırda ise dünya üzerinde karbondioksit miktarının yaklaşık %36 düzeyinde artmış olduğunu yansıtmıştır. Karbondioksit miktarındaki hazin artışı ile atmosferde serbest halde gezinen karbon gazındaki yükseliş, orman yutak alanlarının serbest gezinen karbon gazlarının emilimi kapasitesi sayesinde tutulabilmiş olsalar da özellikle 1950' li yıllardan itibaren düzeysiz şekilde artış devam etmektedir (Varol vd., 2018).

Kitlelerin hemfikir oldukları konuların başında dünyadaki atmosferik yapıyı yakından ilgilendiren küresel ısınmalara sebep olan serbest halde atmosfere salınan karbon gazının en hızlı ve sağlıklı şekilde emilimini sağlamak ve atmosfere salınımını en aza indirmek olduğunu etken kılmaktadır. Atmosfere salınan zararlı gazların başında küresel ısınmaya olumsuz etkisi yüksek oranda bulunan karbon gazı gelirken, Karbon gazının olumsuz etkilerinin devamlı bir çizgide en aza indirgenmesi sağlanmalıdır. Toprak üstü ve altı otsu ve odunsu yapılara sahip orman canlıları dünya üzerinde salınım yapan bağımsız karbon gazlarını biyolojik özellikleri gereği fotosentez yaparak kendi bünyelerinde hapsederek çevre zararına etki eden karbon gazına karşı alınan etkin bir canlı kalkandır (Varol vd., 2018).

Dünya genelinde kullanılan karbon hesaplama yöntemleri arasında en sık tercih edilen iki yöntem vardır. Bunlardan biri tespit edilmesi nispeten daha zor örnek ağacın ağırlık değerleri ile belirlenmesi daha kolay olan boy uzunluğu, çap genişliği gibi değişken değerler yardımı ile allometrik denklemler kullanılarak varılarak elde edilen sonuçların bulunduğu Biyokütle denklemleri (BD) olarak isimlendirilir. Yapılan karbon hesaplamalarında kullanılan diğer bir yöntem ise (Biomass Expansiyon Factor-BEF) olarak bilinen odun hacim çizelgelerinden yararlanılarak karbon tespiti hesaplamaları yapılan yöntemdir (Varol vd., 2018).

Karbon gazlarının atmosfer içerisinde serbest halde gezinmelerini en aza indirmek amacıyla ormancılık tedbirleri kapsamında alınması gereken önlemler için belli bazı tedbir önerileri olarak; hazine adına boş bırakılan sahaların ağaçlandırma çalışmalarına konu edilerek ülke orman varlığı artırılmalıdır. Gençleştirme çalışmalarına hız vererek biyolojik olarak ömrünü tamamlamış ileri yaşlı ormanlarımızı yenileyerek ülke ormanlarımızın oksijen üretme kapasitesi artırmalı bu süre içerisinde karbon depolama alanlarını genişletilmelidir. Yenilemeye konu başarısız sahalar ve bozuk meşcereli alanlar en hızlı şekilde ıslah edilmeli, ülke ekonomisi adına oduna dayalı hammadde temini için hızlı gelişen yapraklı türler kullanarak ısı enerjisi ve palet sanayii gereksinimleri için gerekli temin sağlanmalıdır. Devlet müteşebbis iş birliği içinde enerji ihtiyacı için katı yakıt olarak çevresel zararı daha az olan orman ürünleri ve artıklarının kullanılmasına özendirilmeleri gerekmektedir (Karayılmaz vd., 2011).

Yapılan araştırmalar neticesinde dünya sıcaklık değeri bu yüzyılın sonlarında ortalama 1 ile 6 derece arasında artış göstereceği, IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) raporuna göre kıyı yüksekliklerinin ortalama 18-59 cm artacağı belirtilmektedir. Belirtilen değerler neticesinde dünyada oluşan ısı farklılıkları beklenmedik hava olaylarına, tahmini güç dengesiz seyreden fırtınalara, sellere ve kurak günlere sebep olacağı öngörülmekte, tüm bunların iklim değişikliğine sebep olacağı tahmin edilmektedir (Canlı, 2010).

Yer küre üzerinde bulunan en büyük yutak alanlar olan ormanlar, iklim değişikliklerine etki eden karbon gazlarının tutulduğu önemli kaynaklardır. Yapısal yetenekleri sayesinde toprak altı ve üstü bileşenleri ile tek yıllık ve çok yıllık otsu ve odunsu yapıdaki orman varlıkları yer kürede serbest halde gezen karbon gazının emilimini sağlar. Bu sebeple fotosentez yapabilen canlıların yoğun olduğu alanlarda daha çok karbon gazı tutulduğu anlaşılmaktadır (Kahyaoğlu vd., 2019).

Yer küre üzerinde kara alanlarında tutulan karbon gazının %76-78' ini bünyesinde barındıran orman ekosistemi küresel ısınma ile mücadelede önemli yer tutan büyük yutak alanlardan biri olmakla birlikte mevsim geçişlerinin kontrol altına alınmasında büyük katkı sunmaktadır. Amenajman planlamaları yapılırken önem kazanan orman ekosistemlerinin karbon depolama kapasitelerinin hesaplanabiliyor olması çalışma

yapmakla istekli gözlemcilerin ve destekçilerinin kişisel ilgi alanlarını oluşturmaktadır (Kahyaoğlu vd., 2019).

Sanayi devrimi ile birlikte artan çevre kirliliği, yer küre üzerinde hâkim orman varlığının azalması, bitki örtüsüne sahip toprak parçalarının yanlış kullanılması, diğer teknolojik ve sanayii gelişimlerinin olumsuz etmenleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının miktarında yükselmeye sebep olmuştur. Bu durum kentleşme ve yapılanmanın da beraberinde getireceği yığılmalarla birlikte dünya üzerinde ısı kaybı ile sera gazı tahribatını artıracaktır. Geçmişten günümüze gelindiğinde yer küre üzerinde ısı kayıplarının her geçen süre zarfında artarak hareket ettiği görülmüş olup yıllar içerisinde yer küre de her yeni yılda bir önceki yıldan daha yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır (Türkeş, 2001).

Ormanlar için karbon muhasebesi modeli (CAMFOR) Meşcere alanından üretilen orman ürünlerinden çıkabilecek ahşap ürünleri hesaplamak, Meşcere alanında tutulan karbon bağı ile veri girişi sağlayan diğer değerler ışığında hasat edilen Meşcere girdilerini kullanarak tümleşik yapıda birleştirdiği verileri farklı membalardan sağlanan verilere bağlayabilir. Gözlem yapılabilen karbon havuzları, biyokütle (gövde, dallar, ağaç kabuğu, ince ve kaba kökler, yapraklar ve dallar), toprak (organik madde ve insert odun kömürü), enkaz (kaba ve ince talaş, kesik, yer altı ölü malzeme) dir. Ürünler (atık odun, biçilmiş kereste, kâğıt, biyoyakıt, yeniden yapılandırılmış odun ürünleri) olarak belirtilir (Brack ve Richard, 2002).

Biyolojik fonksiyonları devam eden ağaçlarda mevcut karbon miktarlarının doğruluğu, Orman karbon yutak alanlarını ölçmek için önemli bir etkidir. Panama yağmur ormanlarında bulunan bazı ağaç türleri için yapılan karbon testlerinde farklı ağaç türlerinin eş zamanlı yapılan kontrollerde farklı karbon stokladıkları belirlenmiştir. Bu sonuç ilk hesaplanan karbon değerlerinde uçucu karbon miktarlarının hesaplama dışı tutulduğunu göstermektedir. Yapılan hesaplamalar neticesinde dondurulan ya da kurutma fırınlarında işlem gören ahşap malzemelerde yapılan mutabakatlar sonucu uçucu karbon miktarlarının hiç de azımsanmayacak ölçüde olduğu yapılan çalışmalar neticesinde tespit edilmiştir. Bu çalışma ile odun

içerisinde tutulan karbon miktarlarının ağaç türlerine göre farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. (Martin ve Thomas, 2011).

Lamlom ve Savidge (2003), tarafından yapılan araştırmalar; ahşap içerisinde tutulan ahşap oranın genellikle %50 seviyelerinde kabul gördüğünü söylemekle birlikte, Bu konuda çok az veri analizi yapıldığını beyan etmişlerdir. Yapılan çalışmada nispeten daha yumuşak odun yapıları ile yine nispeten daha sert odun yapılarına ait öz odunlarında barındırdıkları karbon seviyeleri tespit edilmiştir. Kurutma fırınlarında işlem gören sert ağaçlara ait odun örneklerinde hesaplanan karbon %46,27 ile %49.97 (ağırlık / ağırlık) değerlerini sağlarken, İğne yapraklı ağaç türlerinde tutulan karbon miktarı %47.21 ile %55.2 seviyelerinde barınır. Hızlı büyüyen ağaçlarda muhafaza edilen karbon miktarı daha fazla lignin içerirken, hızlı büyüyen türlerin öz odundan yapılan ahşap, Yavaş büyüyen ağaç türlerinde tutulan karbon miktarına göre daha fazladır. Uçucu karbon miktarını saptayabilmek için örneklenmiş bazı ağaç türlerinden taze hasat elde edilmiş olup, Kurutma fırınlarında ölçüm yapılan odun küspeleri ile ortam sıcaklığında kurutulan odun küspeleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde kurutma fırınlarında kurutulan odun küspelerinin daha az karbon barındırdıkları gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Lamlom ve Savidge (2003), ağaç türleri arasında ve ağaçların her birinin ayrı ayrı karbon stoklarının farklı oldukları kanısına vardıkları görülmüştür.

Fransa'nın Güney Batısında bulunan ve yaklaşık 1 milyon ha' lık alana sahip Sahil çamları (*Pinus pinaster* Ait.) oduna dayalı hammadde üretiminde Fransa üretim genelinin yaklaşık %19' luk bir dilimini doldurur. Fransa ormanlarında yapılan çalışmalarda varılmak istenen Sahil çamlarının sürgünlerinin ve kök parçalarının tutmakta oldukları karbon miktarların ve çeşitliliğinin tayininin tespiti amaçlanmıştır. Kürek yardımı ile bağlı oldukları topraklardan ayrıştırılın kök yapıları sayısal olarak değerlendirilmiştir. Göğüs yüzeyi değerlerinden varılan bilgiler ışığında birim alana düşen biyokütle hesaplandığı belirtilmiştir. Dört farklı ağaç üzerinden alınan 300 adet örnekleme üzerinde yapılan testler sonucu karbon değişik sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlarda yükseklik karbon birleşim farklılıkları yükseklikle ikinci dereceden bağdaştırıldığı tespit edilmiştir (Bert ve Danjon, 2006).

Sahil çamı, Karaçam ve Sarıçam' a ait üç türde incelenen odun yapılarında yapılan testlerde; Karaçam ve Sahil çamı arasında eksensel ve merkezden çevresine yayılır yönde karbon bileşenlerinin farklılıklar gösterdiği, Kök kısımlarında stoklanan karbon bileşenlerinde ise Sarıçam da farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Sahil çamı, Karaçam ve Sarıçam' a ait üç türde incelenen karbon miktarı; öz odunda tutulan karbonun diri odunda tutulan karbon miktarından daha yüksek olduğu belirtildi. Karbon bileşenlerinin tepkisi öz odun ve kök arasında tam zıttı şekilde davranış gösterdiği belirtildi. Kabuk kısımlarında ise yoğunluk sırası çoktan aza doğru Sahil çamı ve Karaçam şeklinde olurken Sarıçam için bu durumun azalım gösterdiği belirtilmiştir. (de Aza vd., 2011).

Fukatso vd. (2008), tarafından yapılan araştırmalar neticesinde Japon melezi türüne ait örnek alınan 102 kolon parçalar üzerinden öz odun, diri odun ve ahşap üzerinde değerlendirildikten sonra elde edilen sonuçlar ışığında varılan bilgilere göre Japon melezi (*Larix kaempferi*) türünde genetik gelişimlerin az da olsa tutulan karbon miktarında etkili olduğu belirtilmiştir.

Wang vd. (2018), yaptıkları çalışmada; Norveç ladinin farklı sıcaklık ve süre aralıklarında gövde, kabuk, ahşap malzeme ve kütük' den alınan örneklemeler de yapılan testler sonucu işlenmiş biyokütle ısıtma değerinde ve sabit karbon değerinde artış meydana gelirken, işlenmemiş biyoküteller de alınan numunelerin kimyasal bileşenleri kurutma gücünün etkisi ile büyük farklılıklar gösterildiği belirtilmiştir. Gövde odunu ve kütük numunelerinde yapılan kurutma işlemleri sonucu öğütülebilirlik değerleri önemli miktarda arttığı belirtildi. Yapılan çalışmada 225° C' de işlenmiş gövde odunlarında, öğütülmüş gövde odununa harcanan enerji miktarının öğütülmemiş gövde odununa harcanan enerji miktarından yaklaşık %50 daha az olduğu belirtildi. SEM (scanning electron microscope) ile yapılan değerlendirmeler neticesinde işlem görmüş ve öğütmeye uğramış örneklemelerin, işlem görmemiş biyokütle örneklemelerine göre uzunluk-çap oranlarının düşmesi neticesinde işlem görmüş ve öğütülmüş örneklemelerin lifli yapılarını kaybettiği belirtmektedir.

Bates vd. (2017), yapılan çalışmada Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu tarafından kontrolü yapılan karbon programları ve iklim değişikliğini hafifletme çabaları

neticesinde oduna dayalı hammadde ürünlerinden elde edilen ürünlerin barındırdığı karbon miktarının büyük çoğunluğunun orman olduğunu belirtmektedir. Hasat edilen oduna dayalı emvaller içerisinde barındırılan karbon stoklarının döngüsel takip etkinliği içindeki davranış biçimleri belirtilmiştir.

Ağaçlardan alınan kesitlerde genellikle odunun merkezi genel olarak daha baskın kapalı tonda renge sahip olup, görevi itibari ile mekanik yardımlarından faydalanılan odun kısımlarına öz odun denilmektedir. Merkezden kabuğa yönelime gidildikçe daha açık tonda renklere sahip olan odun yapısı, Diri odun tabiri ile kök hücrelerinden aldığı besin maddelerini bitkinin tüm yapılarına taşıyan, tepkimelere cevap veren çepellerden meydana gelen kısım olarak adlandırılır. Kambial zon tepkimelere cevap veren hücre çepellerinden oluşan ince tabakalı yapı olarak floem (İç kabuk) ve ksilem (dış kabuk) arasında hayatiyetini devam ettiren hücrelerden meydana gelir (URL-1).

Orman ağaçlarında en genişlemesi vasküler kambiyum marifeti ile gerçekleşir. Açık tohumlu bitkilerde meydana gelen sekonder kalınlaşma ile kapalı tohumlu bitkilerde primer yapı evreleri gerçekleştikten sonra ayrışan kambiyum hücreleri gövde çeperinin dış yönüne sekonder floemi oluştururken, İç yönüne sekonder ksilemi veya odun yapısını meydana getirir (Topaloğlu vd., 2014).

Topaloğlu vd. (2014), göre odun özelliklerini ‘makroskobik özellikler, mikroskobik özellikler (odunun anatomik özellikleri), fiziksel özellikler (odun yoğunluğu ve odun-su ilişkileri) ve mekanik özellikler (odunun statik ve dinamik direnç özellikleri) olarak sınıflandırmaktadır.’

Ağaç gövdesinin enine kesiti; kabuk, (iç kabuk (floem), dış kabuk (kaba kabuk)), odunsu (ksilem) kısım (diri odun ve öz odun) ve öz olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Ağacın odunsu kısmındaki canlı ksilem hücreler fizyolojik olarak aktif olup bu kısma diri odun adı verilir. Belirli bir süre sonra (çeşitli ağaç türlerine göre farklı olarak ve büyüme şartlarına bağlı olarak) canlı ksilem hücrelerinin protoplazma kısmı ölür. Bu değişimler sonucu fizyolojik olarak ölü ksilem hücrelerinden oluşan ve ağacın orta kısmında bulunan oduna da öz odunu denir. Bazı durumlarda öz odun ile diri odun arasında bir geçiş zonu olduğu belirtilmiştir. Diri odunun öz oduna

dönüşmesi bazı organik maddelerin oluşumuyla gerçekleşmektedir. Bu maddelere öz odun maddeleri adı verilmekte olup mantar ve böceklere karşı koruyucu etkileri buldukları Bozkurt vd. (1995), tarafından belirtilir. (İstek vd.,2010).

Yapraklı ağaçlarda traheler içinde tül oluşumu meydana gelmektedir. Ksilem içerisinde ekstraktif maddelerin oluşumu dokunun rengini koyulaştırır. Bu nedenle öz odunun koyu rengi açık renkli diri oduna göre kontrast oluşturur. Bununla birlikte, koyu rengin olmaması öz odununun olmadığını göstermez. Örneğin, Ladin, göknar, tsuga ve kavak gibi odunlarda renk belirgin değildir. Ancak fizyolojik olarak ölü dokudan oluşan öz odun kısmı teknik olarak mevcuttur. Öz odun ağaç türlerine göre farklı olmakla beraber genellikle 20-40 yaşları arasında oluşmaya başlar. Bosshard'a göre öz odunu koyu renkte olan türlerde fenolik bileşiklerin hücre duvarına penetrasyonu ve oradaki hemiselülozik maddeleri kaplaması sonucu odunun şişme ve büzülme miktarını azaltmaktadır. Buna karşılık, öz odunu renkli olmayan türlerde fenolik maddelerin penetrasyonu olmamakta ve bunun sonucu olarak boyutsal değişme de olmamakta olduğu Panshin ve De Zeeuw, (1980) tarafından belirtilmiştir (İstek vd.,2010).

Normal öz odunun karakteristik renkleri ekstraktiflerin depolanmasından kaynaklanıp sarımtırak, turuncu, kırmızı, kahverengi tonlardadır. Bazı durumlarda öz odunun rengi mobilyacılıkta kerestenin değerini artırır. Öz odununda ekstraktif maddelerin bulunması bazı yapraklı ağaçlarda tül oluşumuna veya geçit aspirasyonuna ve bazı ibrelilerde baskıya neden olarak öz odunu geçirgenliğini azaltırlar. Bu durum kâğıt hamuru üretiminde pişirme çözeltilisinin hücreye penetrasyonunu zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda emprenye ve kurutma işlemlerini de zorlaştırır. Diğer taraftan geçirgenliğin azalması beyaz meşe gibi bazı kullanım yerlerinde (fıçı yapımı) daha uygundur. Öz odunu mantarlar ve böceklere karşı diri odundan daha dayanıklıdır. Geçirgenliğin azalması oduna hava ve nemin girişini kısıtladığından mantar büyümesi engellenir. Bununla birlikte, esas neden mantarlara ve böceklere karşı zehirli etki yapan ekstraktif maddelerdir. Odunun dayanıklılığı ekstraktif maddelerin miktarına ve zehirlilik oranına bağlı olduğu Panshin ve De Zeeuw (1980), tarafından belirtilmiştir. (İstek vd.,2010).

Ormanlarımızda en fazla yayılışı gösteren ağaç türümüz olan Kızılcıktan sonra gelen yaklaşık 4,5 milyon ha ile ikinci sırada yer alan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ormanlarımızdır. Çok fazla rakım farkı gözetmeksizin 400m ‘den 2100 m lere kadar çıkabilen silindirik dolgun gövde yapısına sahip, yüksek çaplı bireyler oluşturabilen asli orman ağacımızdır. Yetiştirme muhitinde çok fazla ayırıcılık yapmayan Karaçam türümüz iklim farklılıklarına karşı odun yapısındaki reçine desteği ile dayanıklılığını artırmaktadır (Kılıç vd., 2017).

Karaçam ağırlıklı olarak Avrupa’nın Akdeniz ülkeleri dağlık kuşağında yayılış gösterir. Güneydoğu Avusturya ve Romanya’dan Kırım’a kadar uzanır. İspanya, Korsika, Güney İtalya, Yunanistan, Türkiye ve Kıbrıs’ta 800-1600 m yükseltiler arasında meşcereler kurar. Bu bölgede sık olarak orman sınırına kadar çıkar. Fransız Pirenesinde 250-800 m, Avusturya, Yugoslavya ve Kırım’da 300-1000 m civarlarında bulunur. Türkiye’de yayılış gösteren karaçam türü Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Halmböe) ‘dır. Ülkemizde Trakya, (doğusu hariç) Kuzey, Batı ve Güney Anadolu da deniz etkisinden uzak iç taraflara bakan yerlerde saf ormanlar oluşturur (Saatçioğlu, 1976; Alptekin, 1986). Dikey yayılışında 400-1400 m yükseltiler arasında, geniş alanlarda saf ormanlar oluşturur. 1400-1700 m. yükseltiler arasında ise Sarıçam, Göknaar ve Ardıçlardan karışık meşcereler kurar. İç Anadolu’da step içlerine en fazla sokulan çam türümüzdür. Güney’de Toroslar’da 1200-2100 m yükseltiler arasında geniş yayılış gösterir, yüksek kesimlerde sedir ve göknaarla karışım yapar.

Elliden fazla ağaç türüne sahip ülkemiz ormanlarında arazi yapısı ve mevsim şartlarına bağlı farklılıklar gösteren ağaç türleri mevcuttur. Ülkemiz ormanları yaklaşık 22 milyon ha.’dır. Bu rakamın yaklaşık 15 Milyon ha’ını Meşe, Kızılcık ve Karaçam türleri kaplamaktadır (Duyar, 2018). Bu karışım içerisinde Karaçam 4244921 (%19) hektar yer tutmaktadır (OGM, 2015). Yaltırık ve Efe, (2000)’ göre Doğu kayınının kuzey yarım kürenin ılıman ve serin bölgelerinde saf ve karışık ormanlar kuran 8 türü bulunmaktadır. Ülkemiz odun endüstrisinde yüksek ekonomik değere sahip olan bir diğer tür olarak Kayının (*Fagus orientalis*) yayılış alanı 1 335 786 ha olarak Türkiye ormanlarının %6,43’ünü oluşturmaktadır (Konukçu, 2001). Türkiye’de doğal olarak

yetişen türleri; Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Avrupa Kayını (*Fagus sylvatica* L.) dır (Anonim, 2007).

Doğu kayını, Mayr'ın orman zonlarına göre Castanetum serin üstü zonu (250– 500 m) ile sıcak altı Fagetum zonu (500–1000 m) arasında bulunmaktadır. Saatçioğlu (1976)'ya göre alt sınırı 150–200 m ye inebilmekte, üst sınırı ise 1700 m dolaylarında bulunmaktadır (Anonim, 1985). Doğu kayını gölgeye dayanıklı bir türdür. Kuzey ve kuzeybatı bakılar çoğunlukta olmak üzere gölgeli bakılarda daha çok yayılış göstermektedir. Doğu kayını durgun sudan kaçır ve iyi drenajlı, havalanabilen toprakları tercih eder. Bu nedenle eğimli arazilerde daha iyi gelişim gösterir. Yamaç arazileri tercih eder, üst ve orta yamaçlarda daha çok görülür. Rutubetli toprakları tercih eden, hava nemi isteği yüksek olan bir türdür. Genellikle orta derecede nemli ve mineral besin maddelerince zengin topraklar üzerinde bulunması, diri örtünün de gevşek siper altında gelişimine yol açar (Odabaşı vd., 2004).

Kayın odunu orta yoğunluklu odun olarak sınıflandırılmakta, sert, ağır, sağlam, yüksek şok direncine sahip ve buharlı bükmeye uygundur. Kolay yarılr, işlenmesi ve cilalanması kolaydır. Bu sayede çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997). Mobilya, parke, kaplama, kontrplak, ayakkabı kalıbı, oyuncak, ambalaj sandığı, fırça ve alet sapları, ayakkabı topukları, marangoz tezgâhı üretiminde kullanılmaktadır. Emprenye edilmek suretiyle demir yolu traversi üretiminde kullanılması mümkündür (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çalışmanın temel amacı, aynı yetişme muhitinde yetişen kayın ve karaçam türlerinin gövde odununda karbon oranlarının ve miktarlarının belirlenmesidir. Bu amaçla, kayın-karaçam karışık doğal ormanlarından alınacak örnekler kullanılarak, her bir ağaç türünün gövde odununun farklı kısımlarındaki karbon miktarı belirlenerek birbiriyle karşılaştırılmıştır. Karaçam ve Kayın türleri yapacak odun olarak kullanıldıklarında, gövdelerinde tuttıkları karbon miktarı uzun yıllar boyunca atmosferden uzaklaştırılmış olacağından bu iki türden elde edilen ahşap ürünlerin kullanım ömürleri ile ilgili fikir elde etmek amacıyla mekanik özelliklerinin de bilinmesi gereklidir. Odun ürünlerinin mekanik özellikleri laboratuvar ortamında çeşitli yöntemler kullanılarak test edilebilmektedir.

Çalışmanın temel hedefi farklı orman ağaçlarımızın depoladığı karbon miktarlarının belirlenmesidir. Bu temel hedef çerçevesinde, ormanlarımızda en çok yetişen türlerden olan kayın ve karaçam ağaçlarının gövde odunlarında ayrı ayrı karbon içerikleri ve miktarları ortaya konmuştur. Karaçam ve Kayın odununun gövde boyunca farklı seksiyonlarından alınan kesitlerden; 2*2*3cm ölçülerinde öz ve diri odun örnekleri hazırlanmıştır. Bu örneklerde ilk önce rutubet durumu ölçülmüştür. Daha sonra liflere paralel basınç testleri yapılarak mekanik özellikleri belirlenmiştir. Basınç testi yapılan örnekler öğütülerek bunlardan elde edilen talaş numuneleri üzerinde ve karbon testleri yapılmıştır. Bunun sonucunda ağacın türüne, kısımlarına öz ve diri odun oluşumuna bağlı olarak mekanik özellikleri ve karbon içeriği ortaya konmuştur. Böylece ahşap ürünlerin kullanım ömürleri tahmin edilebilecek ve bünyesindeki karbon, kullanım ömrü boyunca atmosferden uzak tutulacağı için karbon depo süresi hakkında bilgi sahibi olunabilecektir. Mekanik özellikleri ve karbon içeriğinin karşılıklı etkileşimi ile ilgili bilgiler elde edilecektir. Sonuç olarak, ormanlarımızın karbon depolama miktarları ve atmosferik karbondioksiti azaltma potansiyellerine ilişkin yeni bilgiler ortaya konacaktır.

BÖLÜM 2

LİTARETÜR ÖZETİ

Belirli bir alanın barındırdığı çeşitli varlıkların bütünü ile oluşan tümleşik yaşam alanlarının elde ettikleri servetlerinin geçen süre içerisinde oluşturduğu tüm hacimsel değer biyokütleyi ifade eder. Orman biyokülesi orman içerisinde bulunan toprak altı ve toprak üstü odunsu ve otsu yapıdaki bitkilerin tüm varlıkları neticesinde oluşan tam yapıyı temsil etmektedir (Karayılmazlar vd., 2011).

Biyokütle; bir ağacın bütün yapısı (dal, gövde yaprak, kök ve kabuk) meşcerenin toplam kütle (ağırlık) miktarı olarak tanımlanabilir. “Biyokütle, yaş veya fırın kuru ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilebilir olmasına karşın, kuru ağırlık değerleri, yaş ağırlık değerlerine kıyasla tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır” (Saraçoğlu, 1992).

Biyokütlenin hesaplanmasında kullanılan yöntemler;

- Birim Alan Yöntemi,
- Orta Ağaç Yöntemi,
- Regresyon Yöntemi,

Birim alan yönteminde, bir ormandaki biyokütleyi tahmin etmek için belirli bir boyuttaki bir örnek alanlardan yararlanır. Her bir bileşenin toplam ağırlığı (ıslak veya kuru), söz konusu örnek alanlarındaki tüm ağaçları kesilip birleşenlere (kök, gövde, dal, yaprak ve kabuk) ayırarak ölçülmektedir. Buradan elde edilen değerler hektar birimine çevrilerek meşcereye ilişkin kütle miktarı belirlenmektedir. Bileşenler için biyokütle değerleri toplayarak, alan için toplam biyokütle miktarı tahmin edilir.

Orta ağaç yönteminde, örnek alanlar alınır ve bu örnek alanlar için orta ağaç olduğu tespit edilen ağaç kesilerek bu ağacın biyokütlesi belirlenir. Elde edilen değeri örnek alanındaki ağaç sayısı ile çarparak, numune alanının biyokütlesi ve bu değeri hektara dönüştürerek, meşcerenin biyokütlesi belirlenir. Ayrıca, bu yöntemde, Birim Alan Yönteminde olduğu gibi hem ağaç bileşenleri için ayrı ayrı, hem de tüm ağaç başına toplam biyokütle miktarı belirlenebilir.

Regresyon yönteminde, birçok örnek ağaçtan alınan ölçümlere göre regresyon denklemleri düzenlenerek bu denklemlerin yardımıyla biyokütle tahmin edilir. Bu denklemlerin geliştirilmesinde göğüs çapı ve boy gibi kolaylıkla ölçülebilen çeşitli parametreler bağımsız değişken olarak alınmaktadır. Ölçümü daha zor ve karmaşık olan biyokütle değerleri de bağımlı değişkenler olarak sözü edilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Bu denklemler ağaç bileşenleri için ayrı ayrı geliştirilebileceği gibi tüm ağaç için de elde edilebilir (Saraçoğlu, 1990). Biyokütle konusunda gereken ilgiyi gösterenlerin başında Danimarkalı Baysen-Jensen (1932) ve İsveç’li Bürger (1923,1953) gelmektedir. Bu iki araştırmacı bugünde geçerli olan birçok araştırmayı, odun, yaprak miktarı ve artım başlıkları ile gerçekleştirmiştir. Modern çağ Senda (1952) ve Ovington (1957) ile başlamış ve bunların girişimciliği ile orman biyokütle araştırmasının gelişimi üç büyük ilgi merkezinde, ABD, Japonya ve Belçika’da hızla devam etmiştir. Bu üç ülke günümüzde de konunun öncülüğünü yapmaktadır (Saraçoğlu, 1998).

Kanada’nın Ouebec eyaletinde Banks çamı (*Pinus banksiana* Lamb.) meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, gövde odunu, gövde kabuğu, dal, ibre, kozalak ve toplam toprak üstü biyokütle kapasitelerini hesaplamışlardır. Yine Kanada’nın New Brunswick eyaletinin kuzey doğusunda Mclean ve Wien (1976), birçok ağaç türünün oluşturduğu geniş alan üzerine yayılan ormanlarda toprak üstü biyokütle özelliklerini araştırmıştır (Doucet vd., 1976).

Biyokütle olarak doğal baltalıklar ile ilgili araştırmalar yapılmış Kızılağaç biyokütle çizelgelerinin gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar ile tüm ağaç için, regresyon modelleri yöntemine göre, ülkemizde ilk örnek çalışma olarak düzenlenmiştir (Canal ve Özalp, 1987).

Saraçoğlu (1988), kızılâğaç biyokütle çizelgelerinin gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar ile tüm ağaç için regresyon modelleri yöntemine göre ülkemizdeki ilk örnek çalışma olarak düzenledikten sonra 1992 yılında Doğu Karadeniz Bölgesi Doğu kayını meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi konusunda da çalışma yapmıştır.

Atalay 'a (1992), göre "Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transferi Yönünden Bölgelere Ayrılması" isimli çalışmasında, Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde Doğu kayınının doğal olarak yetiştiği sahalarda, genel ekolojik özellikleri (sahanın jeoloji ve litolojisi, jeomorfolojisi, iklim özellikleri, toprak özellikleri ve vejetasyon niteliği) üzerinde durmuş ve farklı yetiştirme ortamları ile ekolojik birimleri ayırt etmeye çalışmış. Birbirinden farklı ana ekolojik birim ve ekosistemleri sınıflamıştır. Araştırmanın sonucunda, kayın ormanlarını, ekolojik özellikleri dikkate alınarak tohum transferi açısından 1- Karadeniz (Kuzey Anadolu – Trakya), 2- Karadenizardı, 3- Marmara bölgesi olmak üzere üç ana bölgeye ayırmıştır. Bu bölgeler daha sonra iklim, topoğrafya şartları dikkate alınarak sırayla 11, 10 ve 9 alt bölgeye ayrılmıştır. Akdeniz bölgesindeki Amanos dağlarındaki kayın ormanları farklı alt bölge olarak sınıflandırılmıştır. Araştırmacıya göre, iklim şartlarının çok elverişli olduğu (nemli ve sıcak) 8000 yıl kadar önce, dağların yamaçları boyunca bugünkü sınırının üst seviyelerine kadar çıkan kayın ormanları, iklimin soğumaya başladığı dönemlerde alt seviyelere doğru hareket etmiştir. Buna karşın, aşağı kısımlardaki mutasyonlara uğrayanlar yukarıya doğru, üst mıntikalarda mutasyona uğrayan kayın ağaçları ise aşağıya doğru ilerlediği belirtilmektedir. Günümüzde birbiriyle karışık halde erken ve geç yaprak açıp, çiçeklenme zamanı farklı, ince ve seyrek dallı, geniş yapraklı kayın ağaçları görülmektedir. Bunlardan seyrek ve ince dallı, geç yapraklanma üst mıntikalardakileri, erken yapraklanma, çiçeklenme ve geniş yapraklı olan aşağı mıntikalardakileri gösterdiği fikrini savunmaktadır.

Güner'e (1997), göre Türkeli Orman İşletmesi Kazköy yöresinde kayın-gökmar karışık meşcerelerinin yayılışı ve bazı silvikültürel özellikleri üzerine araştırma yapmıştır. Varılan sonuçların ışığı altında meşcerelerde aynı yaşta sayılan Uludağ gökmarları ve Doğu kayınlarından hemen hemen her yerde Doğu kayınının çok farklı bir boy üstünlüğüne sahip olduğu, bu türlerin aynı boyda olmaları halinde ise Uludağ

göknarlarının farklı bir yaş üstünlüğüne sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılan çalışmada bozuk Uludağ göknarı- Doğu kayını karışık meşcerelerinde tohum ağaçları yetersiz olduğundan ya da hiç bulunmadığından dolayı gençleştirmenin dikim ile yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Kayın ve Göknar dondan zarar gördüğü için yüksek rakımlarda açık alanlara dikilmesinden kaçınılmalıdır.

Atıcı'ya (1998), göre Değişik yaşlı doğu kayını ormanlarında artım ve büyüme konulu çalışmasında kayın ağaçlarının hacim ve hacim elemanlarının zaman, bonitet ve bakı etmenlerine göre gelişimleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda, normal meşcere kuruluşuna ait hacim ve hacim elemanlarının, sıklığın artmasına paralel olarak arttığı görülmüştür. Ayrıca bu tür ormanlarda kullanılmak üzere, bonitet, bakı, kabuk katsayısı, periyodik çap artımı ve çift girişli ince ağaç hacim çizelgeleri düzenlenerek verilmiştir.

Carus'a (1998), göre Aynı yaşlı doğu kayını ormanlarında artım ve büyüme konulu çalışmasında, doğu kayını meşcerelerinin artım ve büyümesinin yaşa ve yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak incelenmesi yanında, tek ağaçların artım ve büyüme ilişkileri de incelenmiştir. Elde edilen bilgilerden, meşcere hacim artımını maksimum yapacak değişik yaş ve bonitetlerdeki meşcerelerin uygun değer sıklık derecelerinin bulunmasına da çalışılmıştır. Optimum kuruluşların incelenmesinden, sıklık derecesinin artması ile hacim artımının yükseldiği gözlenmiştir. Hacim artım miktarı bonitet derecesi, göğüs yüzeyi ve yaşa göre bir değişim göstermektedir. Meşcere yıllık hacim artımı genç yaşlarda (50-70 yaş) gösterdiği maksimumdan sonra, ilerleyen yaşla beraber azalma göstermektedir. Ayrıca normal hasılat çizelgesi, bonitet dereceleri ve bir çift girişli (çap, boy) gövde hacim çizelgeleri de yapılmıştır. Gövde hacim Çizelgesi yapılırken; kabuklu göğüs çapı, boy ve kabuklu hacimlerden yararlanarak, istatistik yöntemle bulunan hacim regresyon denklemi, birçok model içerisinde seçilen OGAYA'nın modeli ($V=d^2*(a_0+a_1*h)$) olmuştur.

Durkaya' ya (1998), göre Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü meşe meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarını tahmin etmiştir.

Steininger (2000), uydu verilerinden yararlanarak Brezilya ve Bolivya’da yeni gelişen bazı meşcerelerin yer üstü biyokütlelerini belirlemeye yönelik çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada arazi yüzeyinden alınan uydu görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak yeni gelişen meşcerelerin yapısal değişimleri ile yaş ve biyokütle arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır.

Gümüşhane – Torul yöresinde Tüfekçioğlu vd. (2002), yalancı akasya meşcerelerinde biyokütle çalışmalarında bulunmuş ve çap ile toprak üstü biyokütle arasında ilişkiyi en iyi yansıtan denklemi aşağıdaki gibi tespit etmişlerdir.

$Y=0,0724(X)^{2,3978}$, $R^2=0,82$, $P=0,01$, burada;

Y=Toplam toprak üstü biyokütlesi (kg)

X=Çap(toprak seviyesindeki) (cm)

Yılmaz’a (2005), göre Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) tohumlarının fizyolojisi üzerine araştırmalar adlı çalışmasında doğu kayınının Türkiye’deki yaklaşık yayılışını temsil eden 14 farklı orijinden gelen tohumların morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda tohumların uzunluğu, genişliği, kalınlığı, ağırlığı ve embriyo/tohum oranı ölçülmüştür. Orijinler morfolojik özellikler bakımından büyük farklılıklar göstermiştir. Orijinlerin genel ortalama 1000-tane ağırlığı 307,30 (252,43-364,71) gr bulunmuştur. Doğu kayını tohumlarının Eylül ayının son haftasından itibaren morfolojik ve fizyolojik olgunluğa ulaştığı belirlenmiştir. Doğu kayını tohumlarında ortalama % 48,69 yağ, % 29,04 protein, % 3,16 nişasta ve % 4,10 kül bulunmuştur.

Durkaya, B., Durkaya, A. (2008), Türkiye toprak üstü tek ağaç ve meşcere biyokütle Çizelgeleri konulu çalışmasında, Türkiye’de bugüne kadar düzenlenmiş ağırlık Çizelgelerinin düzenlenmesinde kullanılan denklemler bir araya getirilerek, hem yapılmış çalışmaların toplu olarak gösterilmesi, hem de ihtiyaç duyanlara bu denklemler üzerinden istedikleri ağırlık verilerine ulaşma imkânı sağlanması hedeflenmiştir. Tek girişli denklemlerin verdiği değerler grafikler üzerinde topluca gösterilerek görsel olarak kıyaslamalar da yapılmıştır. Ayrıca ağırlık Çizelgelerinin genel düzenleme yöntemine de değinilmiştir.

Aydın'a (2010), göre Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam meşcerelerinin biyokütlesinin belirlenmesine ilişkin çalışmasında, geliştirilen her bir biyokütle bileşenine ilişkin biyokütle denklemi, 16 örnek ağaç verisinden oluşan bağımsız bir veri kümesi ile test edilmiş ve ilgili biyokütle denklemlerinin 0,05 önem düzeyi ile Borçka yöresi sarıçam meşcereleri için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Biyokütle denklemlerinin belirtme katsayıları 0.760 ile 0.987, standart hataları ise 1 kg ile 16 kg arasında değişmektedir.

Orman biyokütlesi konusundaki çalışmalar değerlendirildiğinde, 70'li yıllardan önce orman ağaçlarının hacimleri ve hacim çizelgeleri üzerinde yoğunlaşan bilim adamları, 70'lerden sonra biyokütleyle ağırlık vermiştir (Karabürk, 2011).

Macaroğlu' na (2011), göre Bartın yöresi karışık meşcerelerin biyokütle ve karbon depolama Tolunay (2009), Türkiye orman ekosistemlerindeki toplam karbon stoku ve canlı ağaç bitkisel kütledeki karbon birikimi konulu çalışmasında 2004 yılında tamamlanan ulusal orman envanteri temel alınarak Türkiye ormanlarındaki karbon stokları incelenmiştir. Buna göre 2004 yılında Türkiye ormanlarındaki tüm karbon havuzlarındaki toplam karbon stokunun 2251,26 Tg olduğu belirlenmiştir. Bu karbon stokunun % 74,78'i toprakta,%21,32'si canlı ağaç kütlede ve % 3,90'ı ölü örtü ile ölü odundadır.

Karbonun karasal ekonomik sistemler, organik maddelerin ayrışması ve canlı biyokütledeki transferi karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır. Karbon tüm bu sistemler aracılığı ile gerek fotosentez, gerek ayrışma ve yanma gerekse solunum yoluyla yer değiştirmektedir. İnsan faaliyetleri bu karbon dönüşümünde önemli bir etkiye sahiptir (Dural, 2010).

Asan'a (1995), göre "Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi" adlı çalışmasında, Türkiye ormanlarının atmosferden emdiği karbondioksit miktarının 1960 yılında 70 milyon ton iken 1995 yılında 79,5 milyon tona yükseldiğini bildirmektedir.

Asan'a (1999), göre Türkiye ormanlarındaki karbon stokunun 875 milyon ton olduğunu, bunun 554 milyon tonunun bitkisel kütlede, 321 milyon tonunun da orman topraklarında tutulduğunu bildirmektedir.

Tolunay'a (2004), göre "Bolu Aladağ'da genç sarıçam meşcerelerinde bakım kesimlerinin ölü örtü ve toprak özelliklerine etkisinin belirlenmesi" adlı yapmış olduğu araştırmada, 1991-2001 yıllarında Sarıçam ormanlarında yıllık ortalama olarak 0,65 ton/ha kadar topraklarda karbon biriktirildiği hesaplamıştır.

Asan'a (2011), göre "Türkiye Ormanlarındaki Yıllık Karbon Stok Değişimi Trendinin İrdelenmesi ve 2023 Yılındaki Durumun Kestirilmesi" adlı çalışmasında, Türkiye ormanlarında karbon stok artışı tahmini değerleri ile bunlara karşı gelen CO₂ eş 5 yıllık ara ise 2010 yılından 2020'ye ve son tahmin yılı ise 2023 olacak şekilde sırayla; 15milyon 481bin ve 56 milyon 662 bin iken 2023 yılında 17 milyon 710 bin ve 64 milyon 819 bin ton/yıl olacağını belirtmiştir.

Tolunay'a (2011), göre "Türkiye orman ekosistemlerindeki toplam karbon stoku ve canlı ağaç bitkisel kütledeki karbon birikimi" adlı çalışmasında; Türkiye ormanlarındaki tüm karbon havuzlarındaki (toprak altı ve toprak üstü bitkisel kütle, ölü örtü, ölü odun ve toprak) toplam karbon stokunun 2251,26 milyon ton olduğu belirlenmiştir. 2005 yılında Türkiye ormanlarında 312,31 milyon ton/yıl olan antropojenik CO₂ emisyonlarının %7,99'unu absorbe etmektedir.

Gülsunar'a (2011), göre "Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Belirlenmesi" adlı araştırmasında karbon depolama kapasiteleri yöntemlerinden yararlanarak dört farklı sınıflandırma yapmıştır. Araştırma alanına ait uydu görüntüsü üzerinden (Landsat ETM) kontrollü sınıflandırma gerçekleştirmiştir. Yapılan kontrol sonucu %84,17 genel sınıflandırma doğruluk oranı, 0.7889 ise Kappa İstatistiği doğruluk oranı olarak bulunmuş ve uydu görüntüsü üzerinden uzaktan algılama yöntemi kullanılarak karbon depolama kapasitesinin belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Bektaş vd. (2001), Andırın'da (Kuzeydoğu Akdeniz bölgesi) yerli olarak yetiştirilen doğu kayınının bazı mekanik özelliklerini belirlemiş ve bu verileri literatürdeki diğer araştırma sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Araştırma alanı Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Yenice Orman İşletme Müdürlüğü, Karakaya Orman İşletme Şefliği bünyesinde bulunmaktadır. Karakaya Orman İşletme Şefliği alanında bulunan kayın ve karaçam meşcereleri araştırma alanını oluşturmaktadır. Seçilen alandaki gövde karbon miktarının belirlenmesi amacıyla gövde seksiyonlarından temin edilen parçalar ile değerlendirme örnekleri alınmıştır.

3.1.1. Araştırma Alanı Bilgileri

Yenice Orman İşletme Müdürlüğü ormanları 1948 yılına kadar mer'î ormanlarının tabi olduğu rejime göre Zonguldak Bölgesine bağlı olarak idare edilmiştir. 1954 yılında bu bölgeler dâhilinde inşa edilmekte olan kereste fabrikası ile kurulması kararlaştırılan kontrplak fabrikasının hammadde ihtiyaçlarının karşılanması ve bu bölge ormanlarında imar kesimine başlanması için burada yeni bir işletme müdürlüğünün kurulması gündeme gelmiştir. Yenice, Şimşirdere, Karakaya Bölgesi ve Devrek işletmesinden Kayadibi Bölgesi alınarak, merkezi Yenice Bucağı olmak üzere Yenice Orman İşletme Müdürlüğü'nün kurulması Ziraat Vekâletinin 09.12.1954 tarih ve 3053 sayılı emirleri gereği uygun görülmüştür. Plan ünitesi ormanları, 1967 yılından bu yana planlı olarak işletilmektedir. İlk plan 1967-1986 döneminde Karakaya Orman İşletme Şefliği adı altında yapılmıştır.

İlk plan ve I. yenileme planında ormandan yararlanma yaş sınıfları yöntemi ile düzenlenmiştir. II. yenileme döneminde ise “Türk-Alman Ortak Ormancılık Projesi Batı Karadeniz Model Plan” tanımı çerçevesinde plan ünitesi ormanlarının önemli bir

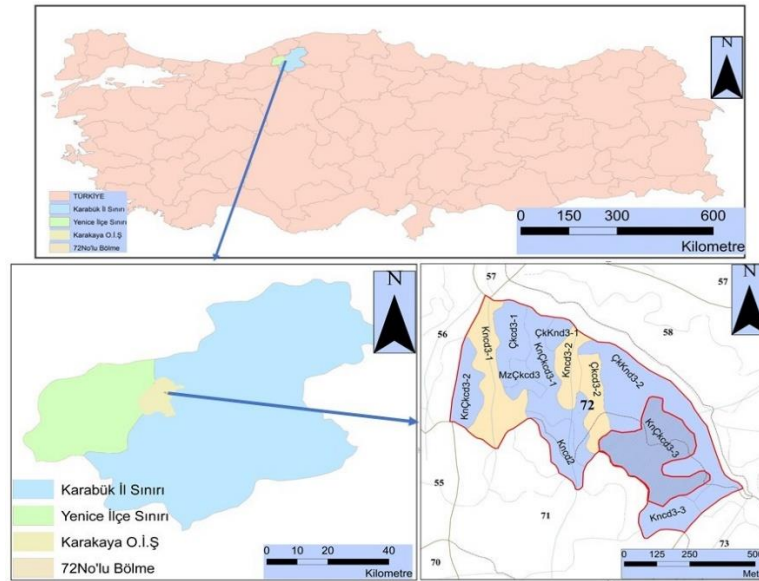
kısmında yararlanmanın düzenlenmesinde yaş sınıfları uygulamasından vazgeçilerek meşcere silvikültür planı temelli münferit seçme öngörülmüştür.

İşletme Şefliği ormanlarının mülkiyeti ve işletmesi tümüyle devlete aittir.

Karakaya ormanları Batı Karadeniz Bölgesi hudutları içinde yer alıp, Karabük ilinin batı kesiminde yer almaktadır. En yüksek yeri 1557 m. yüksekliğindeki Çanakçı Tepe'dir. En düşük rakımlı yeri ise şefliğin batı sınırında bulunan Suçatı mevkiinde yakınlarda 160 m. yüksekliğindeki Filyos Çayı sınırındadır.

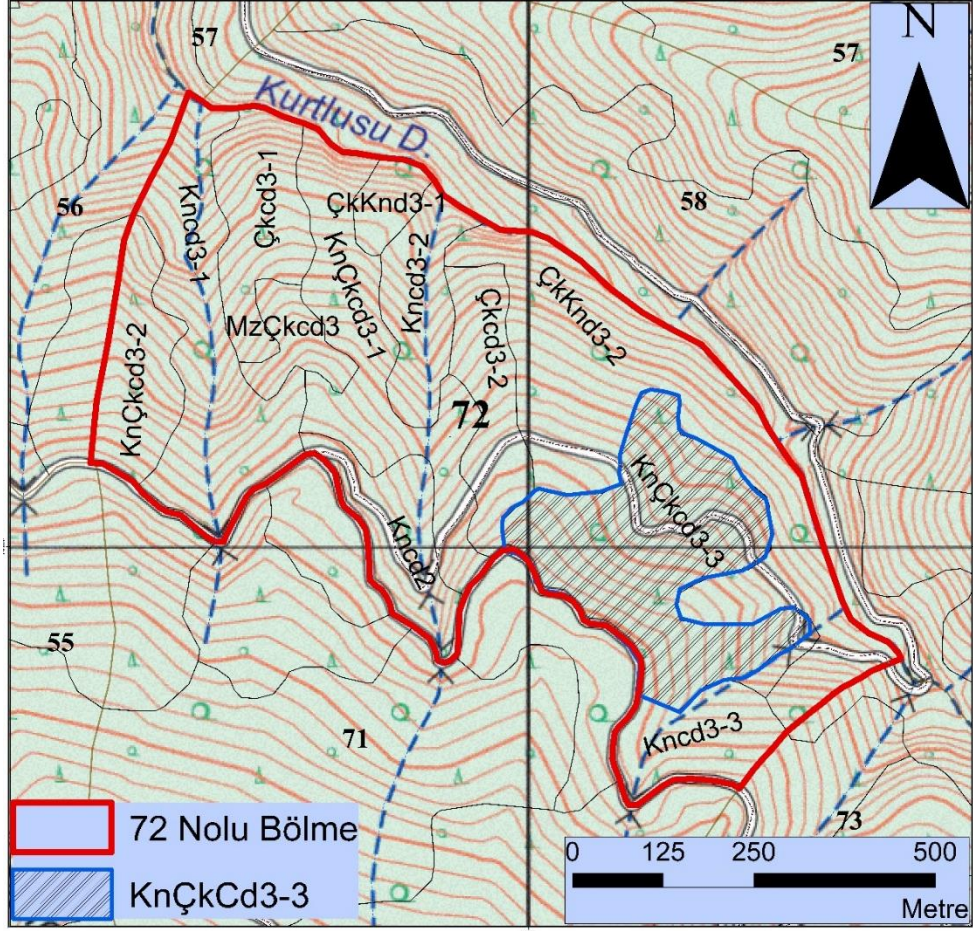
Plan ünitesi ormanlarının bulunduğu yer mevki itibariyle hem Batı Karadeniz İklim Kuşağının etkisinde hem de Karadeniz ardı İklim Kuşağının etkisinde kalmaktadır.

Plan ünitesinin güney-kuzey açıklığı 13942 metre, doğu-batı açıklığı 11903 metredir. Plan ünitesi $41^{\circ} 09' 12''$ - $41^{\circ} 16' 45''$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 26' 09''$ - $32^{\circ} 34' 40''$ doğu boylamları arasında bulunup 1/25000 ölçekli Zonguldak F28b3, F28c2, F29a4, F29d1 paftaları içinde yer almaktadır. İdari açıdan Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Yenice Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlıdır. (Karakaya Orman Amenajman Planı) Araştırma materyali olarak; çalışma alanının, meşcere tipleri haritası Şekil 3.1. ve topoğrafik harita Şekil 3.2. verilerinden yararlanılmıştır.



Şekil 3.1. Karakaya O.İ.Ş idari sınırları ve 72 no'lu bölmenin şeflik içindeki konumu.

Ayrıca her bir örnek alan için belirlenmesi gereken bazı yetişme ortamı özellikleri (bakı, yükselti) için GPS aleti kullanılmıştır.



Şekil 3.2. 72 No'lu bölmeye ait topografik harita.

Çalışma kapsamında deneme alanlarında seçilen örnek ağaçların kesilerek seksiyonlara ayrılması örneklerin ölçülüp, tartılıp, laboratuvara ulaştırılmasına kadar geçen süreç içerisinde; motorlu testere, çap ve boy ölçer, çelik şerit metre, elektronik terazi, polietilen torba, sırt çantası, fotoğraf makinesi, eğimölçer, GPS, boya ve çuval materyal olarak kullanılmıştır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Örnek Alan Tespiti

Örnekleme alanları belirlenirken Kayın ve Karaçam meşcerelerinin yayılış gösterdiği alanlar Şeflik amenajman meşcere haritaları üzerinden, plan verileri ışığında değerlendirilen Kayın- Karaçam karışım meşcereleri arasından örnekleme alanları belirlenmiştir.

Araştırma; hazırlık çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Hazırlık Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında asli ağaç türlerimizden olan karaçam, doğu kayını ve meşcerelerinin biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Buradan yola çıkarak bir taraftan konu ile ilgili olarak yayın bilgileri araştırılırken diğer taraftan da çalışmanın yapılacağı alana ait topoğrafik haritalar amenajman planı gibi dokümanların yanı sıra, arazi çalışmasında ihtiyaç duyulacak malzeme (çuval, polietilen torba, streç film, sırt çantası, kırtasiye malzemesi) ve teçhizat (fotoğraf makinesi, pusula, eğimölçer, yükselti ölçer, boy ölçer, GPS, elektronik terazi) temin edilmiştir.

3.2.3. Arazi Çalışmaları

3.2.3.1. Örnek Ağaçların Belirlenmesi

Biyokütle miktarlarının tahminine yönelik çalışmalarda, değişik yaşlı meşcerelerde amaca uygun ağaç doğrudan belirlenebilmektedir. Aynı yaşlı kuruluşlarda da amaca uygun ağaçlar doğrudan seçilebilmekle beraber; genel yönelim, öncelikle amaca uygun, farklı gelişim çağlarında meşcerelerinin belirlenmesi olmaktadır. Örnek ağaçlar uygun görülen meşcereleri temsilen seçilmektedir (Şekil 3.3. ve 3.4).



Şekil 3.3. Meşcere üzerinde örnek ağaçların seçilmesi ve ölçülmesi.

Örnek ağacın seçileceği meşcere belirlendikten sonra, amaca uygun ve yeterli sayıda örnek ağaç belirlenir Şekil 3.3. ve 3.4. Örnek ağaçlar canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı bireyler olmalıdır.



Şekil 3.4. Meşcere üzerinde örnek ağaçların seçilmesi ve ölçülmesi.

Araştırmamızda her ağaç türünden çalışma alanını temsil kabiliyetine sahip olacak durumda mevcut ağaçlardan belirlenecek şekilde toplam 10 adet kayın, 9 adet karaçam örnek ağaç olarak seçilmiştir. Örnek ağaçlar yol kenarlarından, kazılmış veya

bozulmuş arazilerden, arazi eğiminin veya yeryüzü şeklinin aşırı değiştiği yerlerden kaçınılarak belirlenmiştir (Şekil 3.5).

3.2.3.2. Tek Ağaç için Hacim, Kütle ve Karbon Denklemlerinin Geliştirilmesi

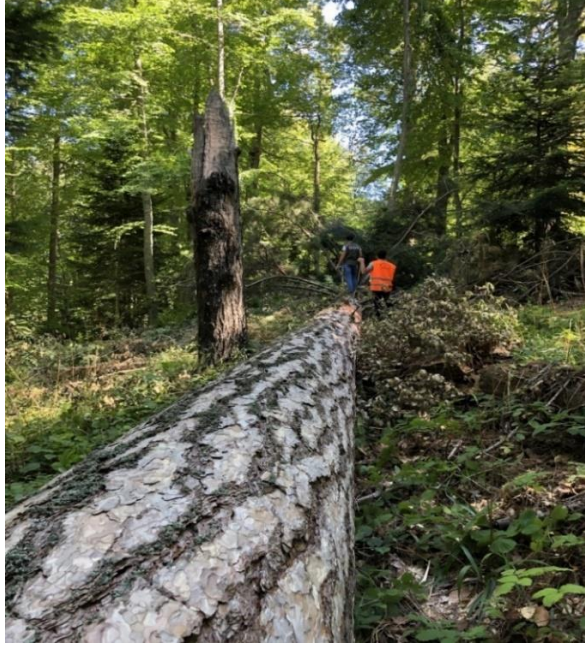
Ağaçların üçer metrelik bölümlerinin arazide ölçülen çapları yardımıyla kesik koni hacim formülü kullanılarak kabuklu gövde hacimleri belirlenmiştir. En uçtaki parçanın hacmi koni hacim formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra tüm seksiyonların hacimleri toplanarak tek ağaç için kabuklu gövde hacimleri bulunmuştur. Gövde hacmi, bitkisel kütle ve karbon tahmininde çoğunlukla doğrusal veya doğrusal olmayan denklemlerden yararlanılmaktadır.

3.2.3.3 Gövde Üzerinde Yapılan İşlemler



Şekil 3.5. Örnek ağaç kesimi.

Kesilen örnek ağaç öncelikle dallar gövdeye bitiştiği noktadan, herhangi bir budak bırakmadan veya gövdeye nüfuz etmeden kesilir ve gövde tüm hali ile bırakılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Örnek ağaç gövde üzerinde dal temizliği.

Daha sonra kesilen ağacın öncelikle tam boyu şerit metre yardımı ile cm hassasiyetinde ölçülür. Örnek ağaç üzerinde yapılan ölçüm sunucunda tam boy tespiti ile alınacak kesit örnekleri sayısı belirlenir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Örnek ağaç şerit metre yardımı ile tam boy ölçümü.

Gövde üretim amacına uygun olarak bölümlere ayrılır. Her bölüm üzerinde hacim tespiti için kullanılan hacim formülünün gerektirdiği çap ölçümleri ve çift yönlü olarak yapılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Örnek ağaç ölçümü.

Analizler için her bölümün ucundan 5 cm kalınlığında Şekil 3.9.'da olduğu gibi örnek kesit alınarak kabuk soyulur ve odun ile kabuk kısımlarının yaş ağırlıkları arazide belirlenerek etiketlenip ileri çalışmalar için laboratuvara getirilir.



Şekil 3.9. Örnek ağaç orta bölüm tam daire örneği alımı.

3.2.4. Kesit Örneklerinin Alınması



Şekil 3.10. Örnek ağaç kesim örneği değerleri ölçümü karnemeleme işlemi.

Tespit edilen örnek ağaçlar göğüs çapları ölçüldükten sonra toprak yüzeyine en yakın yerden kesilerek Şekil 5. tüm ağaç gövde boyları ölçülmüştür. Daha sonra kesilen ağaçların dalları gövde den ayrılmış ve gövde üzerinde toprak seviyesinden başlayarak 0,30 m, sonra 3 m ara ile gövde çapları ölçülüp, 5 cm kalınlığında enine kesitler alınmış ve yaş olarak ağırlıkları elektronik terazi ile tartılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.10 ve 3.12).



Şekil 3.11. Örnek ağaç kesim örneği değerleri ölçümü.



Şekil 3.12. Örnek ağaçtan kesit örneği alımı.

Her bir örnek ağaçtan lif-yonga sanayine uygun kalınlıkta (≥ 8 cm) ve 30 cm uzunlukta bir dal örneği de alınarak, ölçülüp, tartılıp, etiketlenerek laboratuvara taşınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Kayın örnek ağacına ait dal örneği değerleri ölçümü.



Şekil 3.14. Yapılan çalışma amacının anlatımı.



Şekil 3.15. Örnek ağaçtan alınan parça ile kesim örneği hazırlama.

3.2.5. Laboratuvar İşlemleri

3.2.5.1. Örneklerin Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Örneklerin yaş ağırlıkları arazide tartılmak sureti ile belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları ise laboratuvardaki kurutma fırınında $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelene kadar bekletildikten sonra ölçülmüştür (Şekil 3.16).

Fırından çıkartıldıktan sonra gövde kesitlerinin fırın kuru ağırlığı, kabuklu halde çevresi ve kalınlıkları ölçülmüş, daha sonra kabukları soyularak kabuksuz halde çevresi, kalınlığı ve ağırlığı ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla örnek ağaçlara ait her bileşenin kuru ağırlıkları olan biyokütleleri belirlenmiştir.



Şekil 3.16. Arazi de toplanan örneklemelerin kurutulması.

Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için bir önceki bölümde de belirtildiği gibi örnek ağaçlar üzerinde yapılan seksiyon ölçümleri kullanılarak her bir örnek ağacın öncelikle gövde hacmi hesaplanmıştır. Seksiyonlar çapı ve boyundan

yararlanarak kesik koni formülü ile hacimlendirilmiştir. Uç parçanın ise koniye benzediği varsayılarak hacimlendirilmesi yapılmış ve son olarak dip kütük, seksiyon ve uç parça hacimleri toplanarak gövde hacmi hesaplanmıştır. Gövde üzerindeki kabuklu çaplar yardımıyla kabuklu gövde hacmi, kabuksuz çaplar yardımıyla kabuksuz gövde hacmi ve bu iki hacim değerinin farkı alınarak da kabuk hacmi hesaplanmıştır.

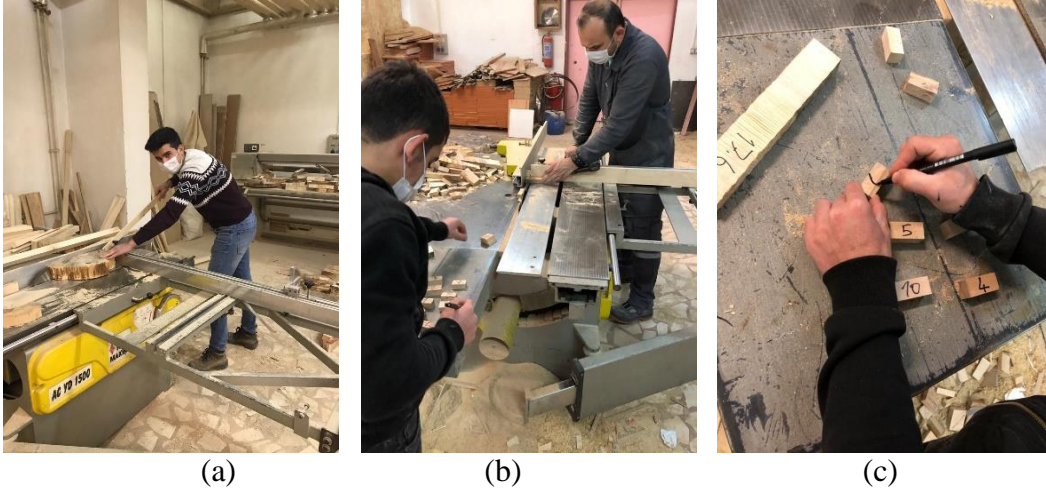
Kabuk biyokütlesini belirlemek için ise, örnek ağacın kabuklu yaş hacmi, gövdenin yaklaşık orta yerinden alınan örnek gövde kesitinin kabuklu yaş hacmi ile ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek ağacın gövde enine kesitinin kabuk kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

3.2.5.2. Örnek Ağaçların Yaşlarının Belirlenmesi

Arazi üzerinde temin edilen örnekler laboratuvar ortamında sınıflandırıldıktan sonra yaş tespiti yapılabilmesi için yüzey alanları zımpara yardımı ile temizlenmiştir. Kayın ve Karaçam örneklerinin yaşları odun parçaları öz kısmından başlanarak dış kısmına doğru büyüteç yardımı ile dikkatlice sayılmıştır.

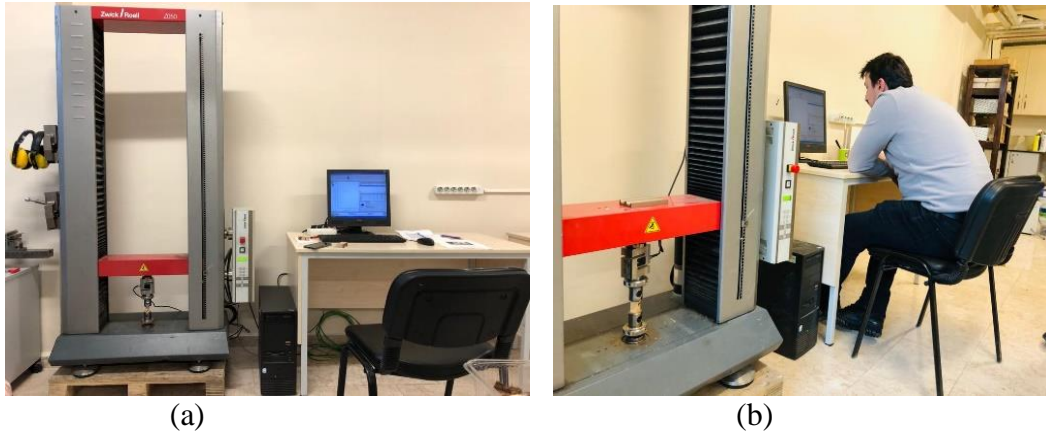
3.2.5.3. Örnekleme Üzerinde Numunelerin Basınç ve Kırılma Testleri

Numunelerin Basınç ve Kırılma Testleri için Ağaçlar boyu itibariyle kendi içerisinde dip kısmını alt bölüm, orta kısmını orta bölüm, tepe kısmı da üst bölüm olarak adlandırılmıştır. Analizlerde ağaçların ilgili bölümleri ve dal odununa ait değerler ölçülmüştür. Gövde ve dal odunlarının basınç ve kırılma dirençlerinin laboratuvar ortamında tespit edilmesi için 20*20*30 mm ebatlarında dikdörtgen prizma şeklinde örnekler kullanılmıştır. Örnekler Karabük Üniversitesi Atölyelerinde dairesel testere yardımı ile biçilerek, hazırlanmış ve numaralandırılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Örnekleme numunelerinin hazırlanması a) ve b) ve numaralandırılması c).

Numuneler Zwick/Roell 2050 model makine yardımı ile liflere paralel basınç testine tabi tutularak elde edilen sonuçlar bilgisayar ortamında Elektronik çizelgeler halinde hazırlanmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Örneklere basınç direnci testlerinin uygulanması a), ve test sonuçlarının bilgisayar ortamında kayıt altına alınması b).

3.2.5.4. Karbon Analizleri

Biyokütle hesabı yapıldıktan sonra, fırın kurusu haline getirilmiş tüm örneklerin birer parçası karbon analizi için ayrılmış, öğütme değirmeninde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Örneklerin karbon analizleri LECO CN-2000 marka Elementel Karbon – Azot Analiz cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.19).



(a)

(b)

Şekil 3.19. Örneklerin öğütülmesi (a) ve paketlenmesi (b).

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. ÖRNEK AĞAÇLARIN BIYOKÜTLE ÖZELLİKLERİ

Karaçam örnek bireylerinin $d_{1,30m}$ göğüs çapları 35 cm ile 78 cm arasında, ağaç boyları ise 26 m ile 35 m aralıklarında değişmektedir. Ağaç yaşları 140 yıl ile 162 yıl arasında değişmektedir. Farklı çap aralıklarında olmalarına karşın aynı boy ya da yaş aralıklarında olan bireyler tespit edilmiştir. Örneğin; 78 cm göğüs çapına sahip Karaçam ağacı ile 35 cm göğüs çapına sahip Karaçam ağacı aynı boy uzunluğunda olduğu ve 44 cm çapındaki bireyle aynı yaşa sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum iki farklı ağacın aynı boy ve yaş aralıklarına sahip olduğu halde farklı çap sınıflarına ait olmasında çevresel etmenler, ışık rekabeti, kök mücadelesi gibi etmenler ağaçların yaşam alanlarında hayat mücadelesi verirken; ağacın temel yapısını oluşturan ana gövde üzerinde hacim artımını etkiledikleri değerlendirilmektedir (Çizelge 1).

Kayın ağacı örnek bireyleri de 35 cm ile 54 cm arasında değişen göğüs çapına sahip bireylerden oluşmuştur. Örnek bireylerin boy aralıkları 15 m ile 29 m arasında değişmektedir. Kayın bireyelerine ait yaş aralıkları ise 116 yıl ile 154 yıl arasında değişmektedir. Kayın ağacının bireyleri Karaçam örneklerinin aksine daha dengeli bir boy/yıl dengesi sağladığı görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1'den anlaşılacağı üzere karaçam kayın karışık ormanında karaçam ağaçlarının kayın ağaçlarından daha uzun boylu olduğu belirlenmiştir. Kayın ağaçları gölgeye daha toleranslı oldukları için ara ve alt tabakada dahi sağlıklı bireyler olarak yetişebilmektedir. Benzer olarak karaçam ağaçlarında gövde şekil emsali oranı kayın ağaçlarından daha yüksek (dolgun) bulunmuştur.

Aynı göğüs çaplarına sahip kayın ve karaçam bireyleri arasında hem boy hem de gövde

şekil emsali farkı nedeniyle hacim bakımından da farklılıklar gözlenmektedir. Çalışkan (1991) Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde yaptığı çalışmada ağaç türleri arasında büyüme ve gelişmeleri arasında farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Alptekin (1979) göknar ormanında yaptığı çalışmada göğüs çapına bağlı olarak hesaplanan gövde şekil emsali oranının ağaç boyuna bağlı olarak değişebildiğini ifade etmektedir.

Çizelge 4.1. Örnek ağaçların biyokütle verileri.

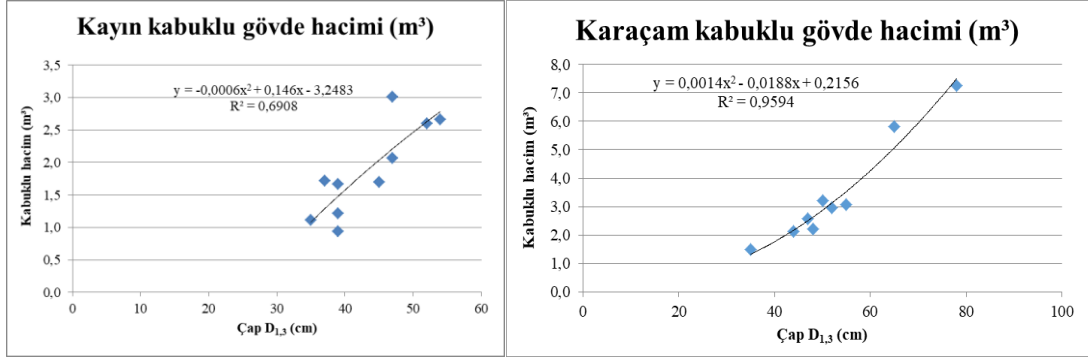
| Ağaç Türü | Göğüs Çapı 1,30 | Boy (m) | Gövde Şekil Emsali (%) | Kabuksuz biyokütle (kg) | Kabuklu biyokütle (kg) | Kabuksuz hacim (m ³) | Kabuklu Hacim (m ³) | Ağaç Yaşı (yıl) |
|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Kayın | 35 | 21 | 22 | 574 | 621 | 0,945 | 1,116 | 120 |
| | 37 | 20 | 33 | 926 | 1003 | 1,497 | 1,719 | 144 |
| | 39 | 15 | 20 | 467 | 514 | 0,773 | 0,936 | 118 |
| | 39 | 15 | 26 | 548 | 584 | 0,983 | 1,210 | 116 |
| | 39 | 27 | 26 | 794 | 867 | 1,394 | 1,668 | 154 |
| | 45 | 29 | 26 | 801 | 891 | 1,389 | 1,691 | 143 |
| | 47 | 22 | 31 | 741 | 817 | 1,737 | 2,069 | 152 |
| | 47 | 22 | 45 | 1225 | 1321 | 2,571 | 3,007 | 125 |
| | 52 | 18 | 42 | 1274 | 1379 | 2,217 | 2,600 | 141 |
| 54 | 22 | 35 | 1384 | 1476 | 2,338 | 2,665 | 140 | |
| Ortalama | 43,4 | 21,1 | 31 | 873 | 947 | 1,584 | 1,868 | 135 |
| Karaçam | 35 | 28 | 26 | 552 | 611 | 1,168 | 1,488 | 140 |
| | 44 | 30 | 29 | 827 | 887 | 1,704 | 2,144 | 162 |
| | 47 | 27 | 29 | 994 | 1114 | 2,045 | 2,566 | 162 |
| | 48 | 26 | 24 | 790 | 893 | 1,630 | 2,217 | 149 |
| | 50 | 31 | 34 | 1248 | 1350 | 2,593 | 3,206 | 135 |
| | 52 | 27 | 30 | 1190 | 1306 | 2,450 | 2,967 | 135 |
| | 55 | 35 | 26 | 1546 | 1672 | 2,588 | 3,077 | 148 |
| | 65 | 30 | 42 | 1317 | 1403 | 4,913 | 5,809 | 160 |
| 78 | 26 | 49 | 2866 | 3124 | 5,938 | 7,257 | 162 | |
| Ortalama | 52,7 | 28,9 | 32 | 1047 | 1139 | 2,781 | 3,415 | 150 |

Çizelge 1'den anlaşılacağı üzere karaçam kayın karışık ormanında karaçam ağaçlarının kayın ağaçlarından daha uzun boylu olduğu belirlenmiştir. Kayın ağaçları gölgeye daha toleranslı oldukları için ara ve alt tabakada dahi sağlıklı bireyler olarak yetişebilmektedir. Benzer olarak karaçam ağaçlarında gövde şekil emsali oranı kayın ağaçlarından daha yüksek (dolgun) bulunmuştur. Aynı göğüs çaplarına sahip kayın ve

karaçam bireyleri arasında hem boy hem de gövde şekil emsali farkı nedeniyle hacim bakımından da farklılıklar gözlenmektedir.

Çalışmada ağaç türlerinin göğüs çapına bağlı olarak kabuklu gövde hacmi değerlerini tanımlayan matematiksel modeller ve modelin belirtme katsayıları ortaya konmuştur. Karaçam için ortaya konan denklemin ($y=0,0014x^2-0,0188x+0,2156$) regresyon katsayı değeri ($R^2=0,9594$) oldukça yüksek olmasına rağmen, kayın ($y=0,0006x^2+0,146-3,2483$) için bu R^2 değeri ($R^2=0,6908$) daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.1). Bu belirtme sayısı farklılığının nedeni kayın gövde yapısının çeşitli gövde şekil emsali değerlerinden oluşması olarak ifade edilebilir. Çalışkan (1991) Karabük-Büyükdüz Araştırma Ormanında sarıçam - göknar - kayın karışık meşcerelerinde yaptığı çalışmada ağaç türleri arasında büyüme ve gelişmeleri arasında farklılıklar olduğunu belirtmektedir. Alptekin (1979) göknar ormanında yaptığı çalışmada göğüs çapına bağlı olarak hesaplanan gövde şekil emsali oranının ağaç boyuna bağlı olarak değişebildiğini ifade etmektedir.

Örnek ağaçlarının biyokütleleri ağaçların gövde hacimleri ve hacim ağırlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Kayın ağaçlarının biyokütleleri kabuksuz olarak (ortalama= 873 kg) 467 – 1384 kg arasında değişirken, kabuklu olarak (ortalama= 947 kg) 514 – 1476 kg arasındadır. Karaçam ağaçlarının biyokütleleri ise kabuksuz olarak (ortalama= 1047 kg) 552 – 2866 kg arasında değişirken, kabuklu olarak (ortalama= 1139 kg) 611 – 3124 kg arasında bulunmuştur. Kahyaoğlu vd. (2019) kayın ormanında yaptıkları çalışmada kabuksuz kayın gövde biyokütlesini 314 kg olarak bulmuştur. Bu değer bizim çalışmamıza göre oldukça düşük olarak gözükmekte olsa da bunun temel nedeninin göğüs çapları arasındaki fark olduğu düşünülmektedir. Ortalama göğüs çapı bizim çalışmamızda 43,4 cm iken, diğer çalışmada 24,4'tür. Ayrıca Çömez (2010) sarıçam ormanında yapmış olduğu çalışmada, kabuksuz sarıçam tek ağaç gövde biyokütlesini ağaç çaplarına göre değişmekle beraber 43 – 990 kg arasında tespit etmiştir.



Şekil 4.1. Ağaç türlerine ve göğüs çapına bağlı olarak kabuklu gövde hacminin değişim grafiği.

4.2. BİYOKÜTLENİN KARBON İÇERİĞİ

Kayın ve karaçam ağaç türlerinde örneklerin ağaçtaki konumu ve öz odunu ve diri odun ayrımı yapılmaksızın ortalama % karbon oranı karşılaştırıldığında; karaçam %51,36 karbon içerirken kayında bu değer %48,53 olarak bulunmuştur. Aralarındaki bu %2,83 değişim ($P < 0,001$) seviyesinde anlamlı farklılık olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 4.2. Ağaç türlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimine ait ANOVA sonuçları.

| Ağaç Türü | N | Ortalama % C | Standart Sapma | F | P |
|-----------|-----|--------------|----------------|---------|-------|
| Kayın | 80 | 48,527 | 1,568 | 101,279 | 0,001 |
| Karaçam | 78 | 51,363 | 1,957 | | |
| Total | 158 | 49,927 | 2,267 | | |

Ağaç türlerinin karbon içeriğinin birbirinden farklı olduğunun aşılmasından sonra her bir ağaç türü kendi içerisinde istatistiki değerlendirmelere tabi tutulmuştur. Ağaçlar bölümlere bağlı olarak değerlendirildiğinde her iki ağaç türünün bölümleri istatistiki anlamlılık değeri $P > 0,5$ olduğundan aralarında ($P > 0,05$) anlamlı farklılık olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 4.3. Ağaç türlerine ve gövde seksiyonlarına bağlı olarak karbon oranlarının değişimi.

| Ağaç türü | | Gövde Bölümü | N | Ortalama % C | Standart Sapma | F | P |
|-----------|--|--------------|----|--------------|----------------|-------|-------|
| Kayın | | 1 | 13 | 48,452 | 1,533 | 0,850 | 0,563 |
| | | 2 | 11 | 48,351 | 1,622 | | |
| | | 3 | 10 | 48,387 | 1,878 | | |
| | | 4 | 11 | 48,748 | 1,774 | | |
| | | 5 | 6 | 48,507 | 0,941 | | |
| | | 6 | 9 | 48,738 | 1,335 | | |
| | | 7 | 12 | 49,168 | 1,244 | | |
| | | 8 | 3 | 46,753 | 1,195 | | |
| | | Dal | 5 | 48,069 | 2,292 | | |
| | | Total | 80 | 48,527 | 1,568 | | |
| Karaçam | | 1 | 19 | 52,208 | 1,887 | 0,902 | 0,536 |
| | | 2 | 2 | 51,995 | 4,413 | | |
| | | 3 | 3 | 50,586 | 2,202 | | |
| | | 4 | 8 | 51,169 | 1,656 | | |
| | | 5 | 13 | 51,093 | 1,824 | | |
| | | 6 | 2 | 52,922 | 1,604 | | |
| | | 7 | 3 | 50,907 | 1,923 | | |
| | | 8 | 10 | 51,03 | 1,844 | | |
| | | 9 | 9 | 51,45 | 2,35 | | |
| | | 10 | 4 | 49,879 | 2,104 | | |
| | | Dal | 5 | 50,716 | 1,533 | | |
| | | Total | 78 | 51,363 | 1,957 | | |

Kayın ve Karaçam bireylerinin odun örneklerinden öz odun ve diri odunları kendi aralarında karbon tutma miktarları açısından değerlendirildiğinde, Kayın ağacına ait öz odun ve diri odun bölümleri arasında ($P>0,05$) bir benzerlik bulunmaktadır. Ancak Karaçam ağaç türünde öz odun ve diri odun bölümlerinin karbon tutma miktarları açısından net bir şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge:4).

Çizelge 4.4. Ağaç türlerine ve odun tiplerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi.

| Ağaç Türü | Odun Tipi | N | Ortalama | Standart Sapma | F | P |
|-----------|-----------|----|----------|----------------|-------|-------|
| Kayın | Öz Odun | 35 | 48,812 | 1,444 | 0,103 | 0,751 |
| | Diri Odun | 35 | 48,71 | 1,206 | | |
| | Total | 70 | 48,761 | 1,322 | | |
| Karaçam | Öz Odun | 34 | 52,014 | 2,164 | 5,228 | 0,025 |
| | Diri Odun | 34 | 50,944 | 1,66 | | |
| | Total | 68 | 51,479 | 1,988 | | |

Kayın ve Karaçam bireylerinin odun örneklerinden öz odun, diri odun, kabuk ve dal kısımları aralarında karbon tutma miktarları açısından değerlendirildiğinde, Kayın ağacına ait öz odun, diri odun, kabuk ve dal odun kısımları arasında ($P>0,05$) anlamlı bir benzerlik vardır. Ancak Karaçam ağaç türünde öz odun, diri odun, kabuk ve dal odun kısımlarının karbon tutma miktarları açısından kesin bir şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge:5).

Çizelge 4.5. Ağaç türlerine ve gövde bileşenlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi.

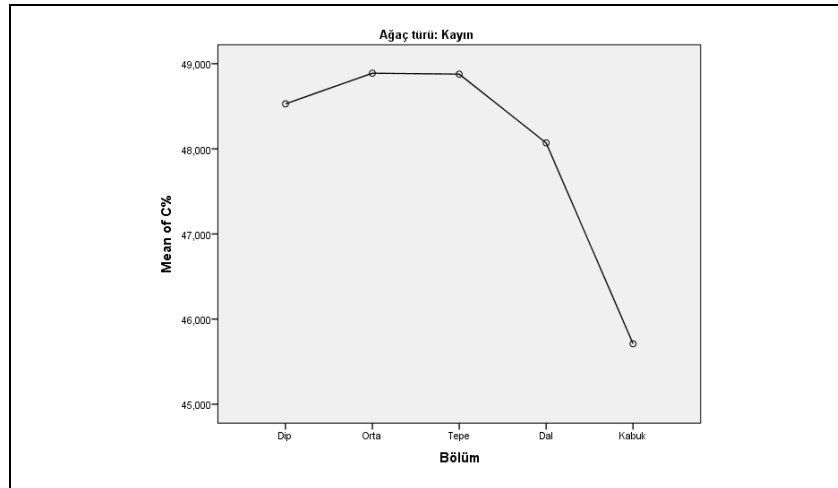
| Ağaç Türü | Gövde Bileşenleri | N | Ortalama | Standart Sapma | F | P |
|-----------|-------------------|----|----------|----------------|-------|-------|
| Kayın | Öz Odun | 35 | 48,812 b | 1,444 | 7,578 | 0,001 |
| | Diri Odun | 35 | 48,710 b | 1,206 | | |
| | Kabuk | 5 | 45,710 a | 1,429 | | |
| | Dal | 5 | 48,069 b | 2,292 | | |
| | Total | 80 | 48,527 b | 1,568 | | |
| Karaçam | Öz Odun | 34 | 52,014 | 2,164 | 2,469 | 0,069 |
| | Diri Odun | 34 | 50,944 | 1,66 | | |
| | Kabuk | 5 | 50,427 | 1,812 | | |
| | Dal | 5 | 50,716 | 1,533 | | |
| | Total | 78 | 51,363 | 1,957 | | |

Kayın ve Karaçam bireylerinin odun örneklerinden dip, orta, tepe, kabuk ve dal kısımları aralarında karbon tutma miktarları açısından değerlendirildiğinde Kayın ağacına ait dip, orta, tepe, kabuk ve dal odun kısımları arasında ($P>0,05$) anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Bununla beraber Karaçam ağaç türünde dip, orta, tepe, kabuk ve dal odun kısımlarının karbon tutma miktarları açısından önemli bir farklılık yoktur (Çizelge 6).

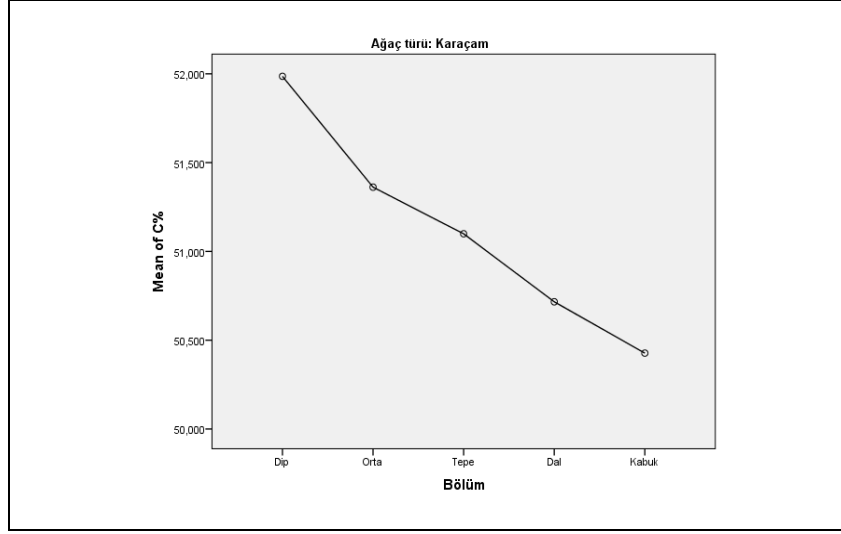
Çizelge 4.6. Ağaç türlerine ve gövde bölümlerine bağlı olarak karbon oranlarının değişimi.

| Ağaç türü | Gövde Bölümü | N | Ortalama | Standart Sapma | F | P |
|-----------|--------------|----|----------|----------------|-------|-------|
| Kayın | Dip | 24 | 48,528 b | 1,277 | 8,63 | 0,001 |
| | Orta | 22 | 48,888 b | 1,462 | | |
| | Tepe | 24 | 48,877 b | 1,254 | | |
| | Dal | 5 | 48,069 b | 2,292 | | |
| | Kabuk | 5 | 45,130 a | 0,334 | | |
| | Total | 80 | 48,491 b | 1,609 | | |
| Karaçam | Dip | 22 | 51,986 | 2,147 | 1,085 | 0,371 |
| | Orta | 24 | 51,362 | 1,74 | | |
| | Tepe | 22 | 51,099 | 2,062 | | |
| | Dal | 5 | 50,716 | 1,533 | | |
| | Kabuk | 5 | 50,427 | 1,812 | | |
| | Total | 78 | 51,363 | 1,957 | | |

Şekil 4.2.' de görüldüğü üzere gövde bölümlerinin karbon oranları grafik olarak değerlendirildiğinde ise kayında en yüksek karbon tutma oranı orta ve tepe kısımlarında en düşük karbon tutma ise kabuk kısımlarında mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Karaçam için en yüksek karbon tutma değeri dip kısımda olup, en düşük karbon tutma değeri ise kabuk kısmında ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.2. Kayın ağaç türüne ait dip, orta, tepe, dal ve kabuk kısımlarının karbon tutma miktarlarını gösterir grafik.

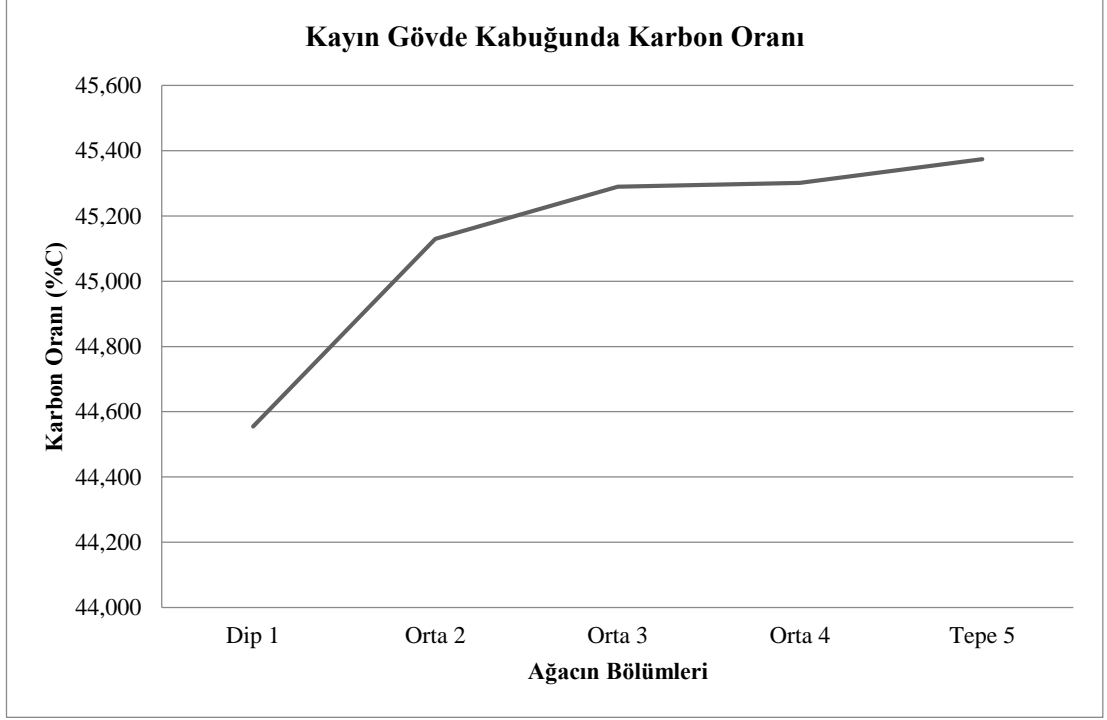


Şekil 4.3. Karaçam ağaç türüne ait dip, orta, tepe, dal ve kabuk kısımlarının karbon tutma miktarlarını gösterir grafik.

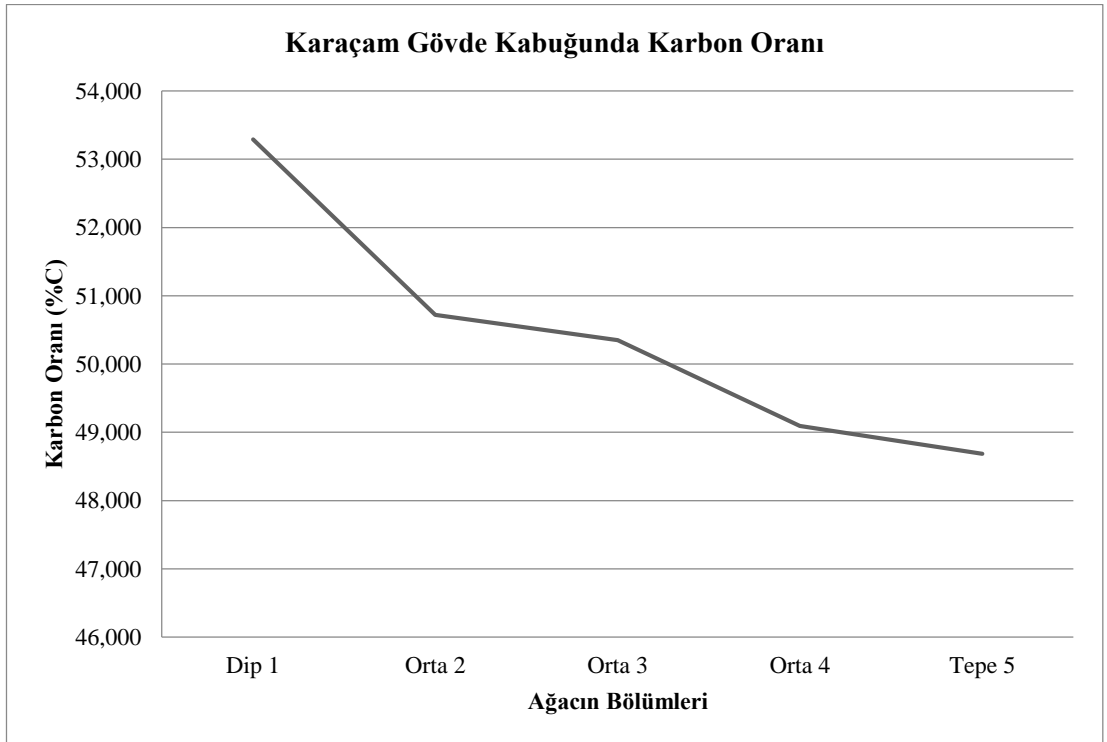
Gövde kabuğundaki karbon oranının dipten tepeye kadar olan bölümlerindeki dağılımı incelenmiştir. Kayın ağacına ait kabuk karbon oranı en yüksek değer tepe kısmından alınan kabuklara ait olup, dipten tepe kısma doğru artan bir değişim eğilimi arz etmektedir (Şekil 4.2).

Karaçam ağaç türünde ise en yüksek kabuk karbon oranı dip kısmında en düşük kabuk oranı da tepe kısmından alınan kabuk örneğinde bulunmuştur (Şekil 4.3).

Kayın ve karaçam karşılaştırıldığında kabuktaki karbon oranlarının değişim eğilimi birbirine zıt yönde ortaya çıkmaktadır. Karaçamdaki bu eğilimin nedeni olarak karaçam kabuğunda zamanla biriken reçine kalıntılarının etkisi, kayın dip kısım kabuklarında inorganik madde birikiminin artmış olabileceği değerlendirilmektedir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Kayın gövde kabuğunda karbon oranını gösterir grafik.



Şekil 4.5. Karaçam gövde kabuğunda karbon oranını gösterir grafik.

Çizelge 4.7. Göğüs çapına bağlı olarak gövdedeki karbon miktarının değişimi.

| Ağaç Türü | Göğüs Çapı D _{1,30} cm | Ağaç Boyu (m) | Öz odun (C kg) | Diri odun (C kg) | Kabuk (C kg) | Tüm Kabuklu Gövde (C kg) |
|-----------------|---------------------------------|---------------|----------------|------------------|--------------|--------------------------|
| Kayın | 35 | 21 | 68,9 | 168,4 | 18,7 | 256,0 |
| | 37 | 20 | 26,1 | 337,9 | 27,1 | 391,2 |
| | 39 | 15 | 4,7 | 192,1 | 19,0 | 215,8 |
| | 39 | 15 | 77,2 | 194,7 | 16,3 | 288,1 |
| | 39 | 27 | 104,3 | 275,9 | 33,0 | 413,2 |
| | 45 | 29 | 32,6 | 303,8 | 34,7 | 371,2 |
| | 47 | 22 | 99,0 | 323,1 | 41,8 | 463,9 |
| | 47 | 22 | 93,5 | 596,9 | 49,0 | 739,4 |
| | 52 | 18 | 112,5 | 419,6 | 47,4 | 579,6 |
| | 54 | 22 | 37,7 | 510,6 | 32,9 | 581,2 |
| Ortalama | 43,4 | 21,1 | 65,6 | 332,3 | 32,0 | 430,0 |
| Karaçam | 35 | 28 | 89,6 | 211,7 | 30,9 | 332,2 |
| | 44 | 30 | 95,0 | 538,0 | 49,9 | 682,9 |
| | 47 | 27 | 127,9 | 442,8 | 66,7 | 637,3 |
| | 48 | 26 | 120,1 | 326,1 | 55,6 | 501,9 |
| | 50 | 31 | 194,3 | 486,6 | 56,1 | 737,0 |
| | 52 | 27 | 249,5 | 420,1 | 63,6 | 733,2 |
| | 55 | 35 | 127,2 | 562,5 | 53,0 | 742,7 |
| | 65 | 30 | 175,6 | 592,5 | 104,3 | 872,4 |
| | 78 | 26 | 292,6 | 1245,2 | 135,6 | 1673,4 |
| Ortalama | 52,7 | 28,9 | 163,5 | 536,2 | 68,4 | 768,1 |

Çömez (2010) sarıçam ormanında karbon oranlarının ağaç bileşenlerine dağılımını belirlemek için yapmış olduğu çalışmada, %C oranlarını kabuksuz gövde odununda % 52,3, kabukta %53,8 ve dalda %53,1 olarak belirlemiştir. Bu değerler bu çalışmadaki kayın ağaçlarına ait bulgulardan belirgin farklı olmasına rağmen, karaçam ağacına ait bulgulara oldukça benzerlik göstererek bulgularımızı desteklemektedir (Çizelge 7).

4.3. AĞAÇ TÜRLERİNE GÖRE AHŞAP MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ahşap malzemenin mekanik özellikleri değerlendirilirken kayın ve karaçam türleri arasında bir farklılık olup olmadığı yönünde analizler yapılmıştır. Her iki tür için basınç direnci ve kırılma direnci değerleri arasında istatistiki olarak ($\alpha < 0,001$) önem düzeyinde istatistiki farklılık vardır. Basınç direnci kayın için ortalama 66,90 N/mm²

iken, karaçam için 51,18 N/mm² bulunmuştur. Yapılan çalışmada Kırılma direncine sahip Kayın örnekleri 62,74 N/mm² olur iken Karaçam bireylerine ait örnek malzemelerden elde edilen veriler için kırılma direnci 48,18 N/mm² sonuçları elde edilmiştir. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere Kayın ve Karaçam örnek malzemelerin istatistiki olarak farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 4.8. Ağaç türüne bağlı olarak basınç ve kırılma analizleri.

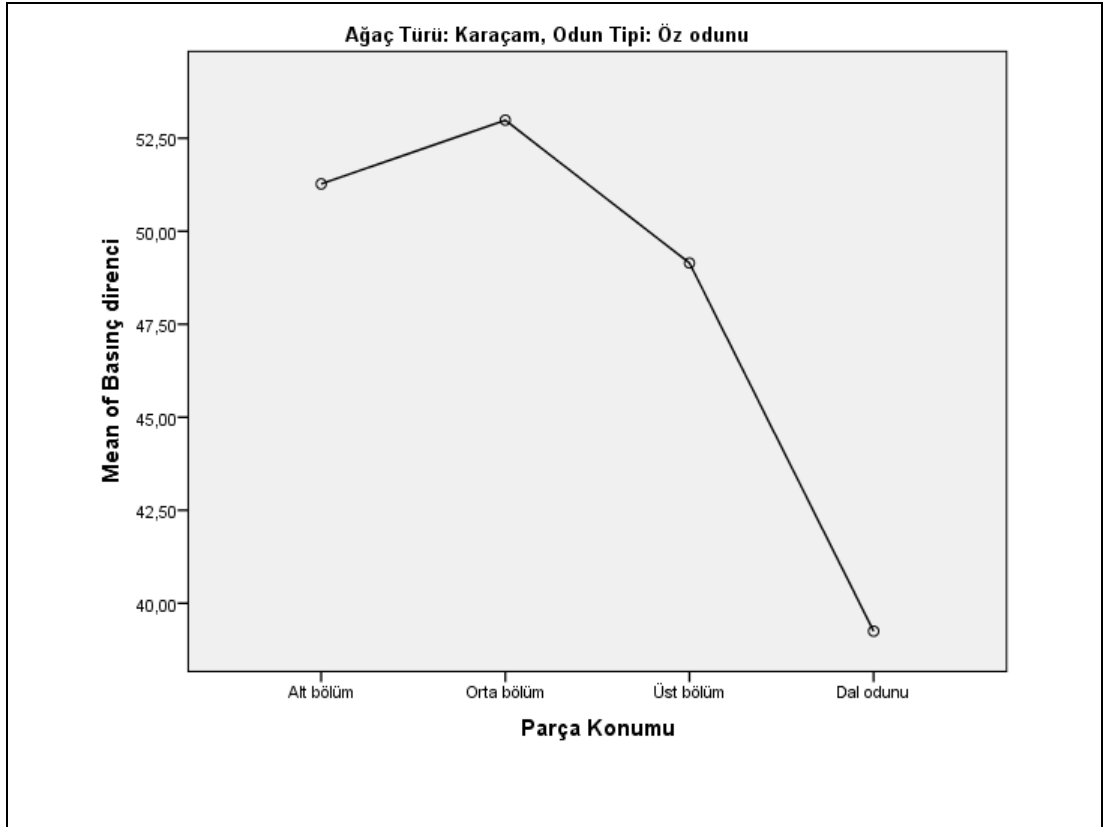
| Mekanik Özellik | Ağaç Türü | N | Ortalama | Standart Sapma | P |
|-----------------|-----------|-----|----------|----------------|-------|
| Basınç direnci | Kayın | 405 | 66,8953 | 13,19348 | 0,000 |
| | Karaçam | 393 | 51,1782 | 11,62257 | |
| | Total | 798 | 59,1549 | 14,71381 | |
| Kırılma direnci | Kayın | 393 | 62,7436 | 11,70439 | 0,000 |
| | Karaçam | 384 | 48,1771 | 10,71246 | |
| | Total | 777 | 55,5447 | 13,37716 | |

Ağaç türleri kendi içlerinde ayrı ayrı hem öz odunu ve diri odun biçiminde odun tipi olarak hem de ahşap malzemenin elde edildiği ağaçtaki kısmına göre detaylı değerlendirilmesine ait sonuçlar Çizelge 9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ağaç türlerinin odun tiplerine ve bölümlerine bağlı olarak mekanik özellikleri.

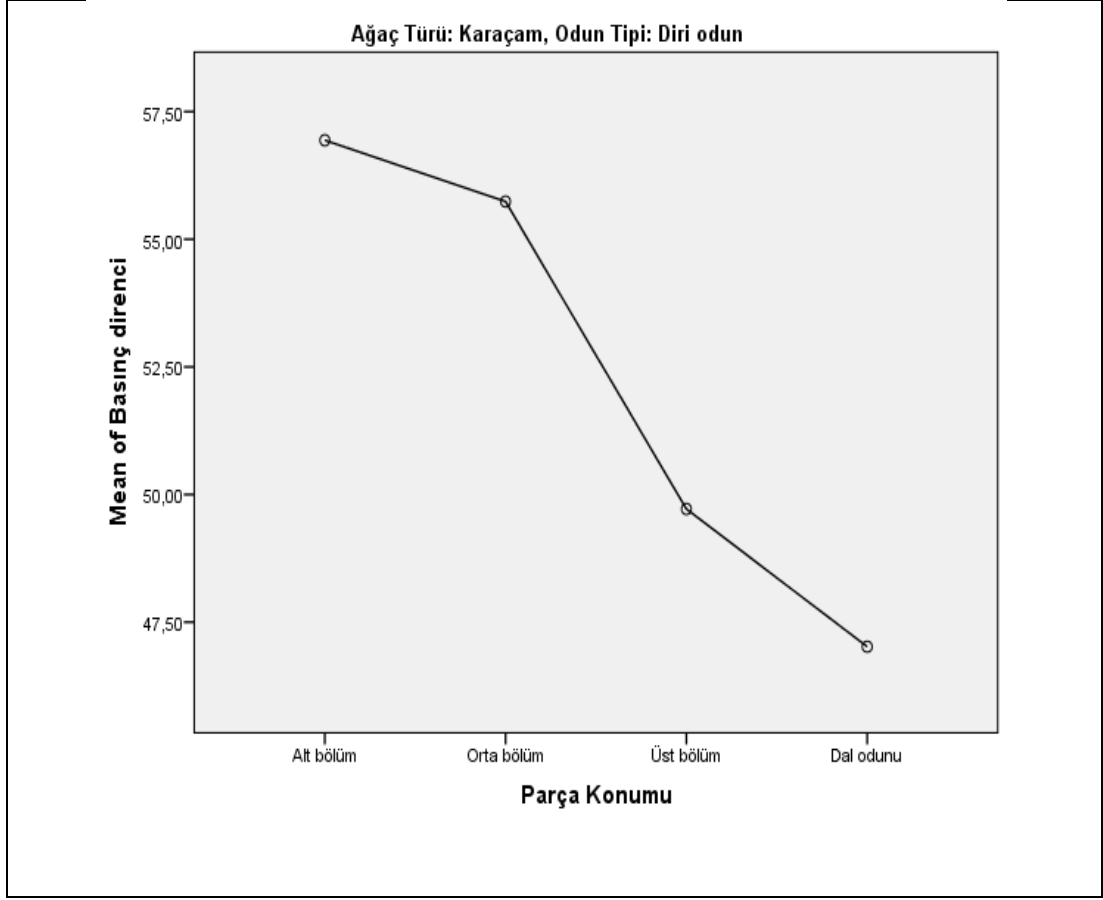
| Odun Tipi | Parametre | Ağacın bölümü | Kayın | | | Karaçam | | |
|-----------|-----------------|---------------|-------|---------------|-------|---------|---------------|-------|
| | | | N | Ort±SS | P | N | Ort±SS | P |
| Öz odunu | Basınç direnci | Alt bölüm | 60 | 68,85±14,95 b | 0,000 | 54 | 51,27±12,1 b | 0,000 |
| | | Orta bölüm | 55 | 71,81±12,56 b | | 60 | 52,98±9,73 b | |
| | | Üst bölüm | 51 | 65,43±12,12 b | | 54 | 49,14±6,95 b | |
| | | Dal odunu | 41 | 54,5±13,05 a | | 34 | 39,25±13,15 a | |
| | | Total | 207 | 65,95±14,56 | | 202 | 49,19±11,39 b | |
| | Kırılma direnci | Alt bölüm | 60 | 62,92±13,7 b | 0,000 | 49 | 50,14±9,88 b | 0,000 |
| | | Orta bölüm | 55 | 66,77±11,68 b | | 60 | 49,27±9,05 b | |
| | | Üst bölüm | 50 | 61,05±11,28 b | | 54 | 45,7±6,46 b | |
| | | Dal odunu | 35 | 52,78±11,47 a | | 34 | 36,6±12,19 a | |
| | | Total | 200 | 61,74±12,97 | | 197 | 46,32±10,38 | |
| Diri odun | Basınç direnci | Alt bölüm | 60 | 70,4±10,38 b | 0,000 | 54 | 56,94±11,04 b | 0,000 |
| | | Orta bölüm | 51 | 71,41±10,59 b | | 60 | 55,74±10,41 b | |
| | | Üst bölüm | 52 | 66,51±10,72 b | | 51 | 49,72±9,38 a | |
| | | Dal odunu | 35 | 60,47±12,63 a | | 26 | 47,02±14,48 a | |
| | | Total | 198 | 67,88±11,55 | | 191 | 53,28±11,53 | |
| | Kırılma direnci | Alt bölüm | 60 | 65,51±9,71 b | 0,04 | 50 | 55,35±9,39 b | 0,000 |
| | | Orta bölüm | 51 | 66,4±9,85 b | | 60 | 51,83±9,68 b | |
| | | Üst bölüm | 52 | 61,85±9,98 ab | | 51 | 46,23±8,72 a | |
| | | Dal odunu | 30 | 59,27±10,18 a | | 26 | 43,86±13,35 a | |
| | | Total | 193 | 63,79±10,16 | | 187 | 50,13±10,74 | |

Örnek bireylerden oluşan ağaçlardan alınan numuneler; ağaçları boyu itibariyle kendi içerisinde dip kısmını alt bölüm, orta kısmını orta bölüm, tepe kısmı da üst bölüm olarak adlandırılmıştır. Karaçam Örnek Bireylerinden Alınan Numune Bölümleri Öz Odunu Basınç Direnci değerleri incelendiğinde alt, orta ve üst bölümden elde edilen öz odunlarının Basınç direnci değerleri benzerdir. Ortalamaları 51,13 N/mm² olup, dal odunu ise 39,25 N/mm² olarak diğer ağaç bölümlerinden daha düşük bir değer içermektedir (Şekil 4.6).



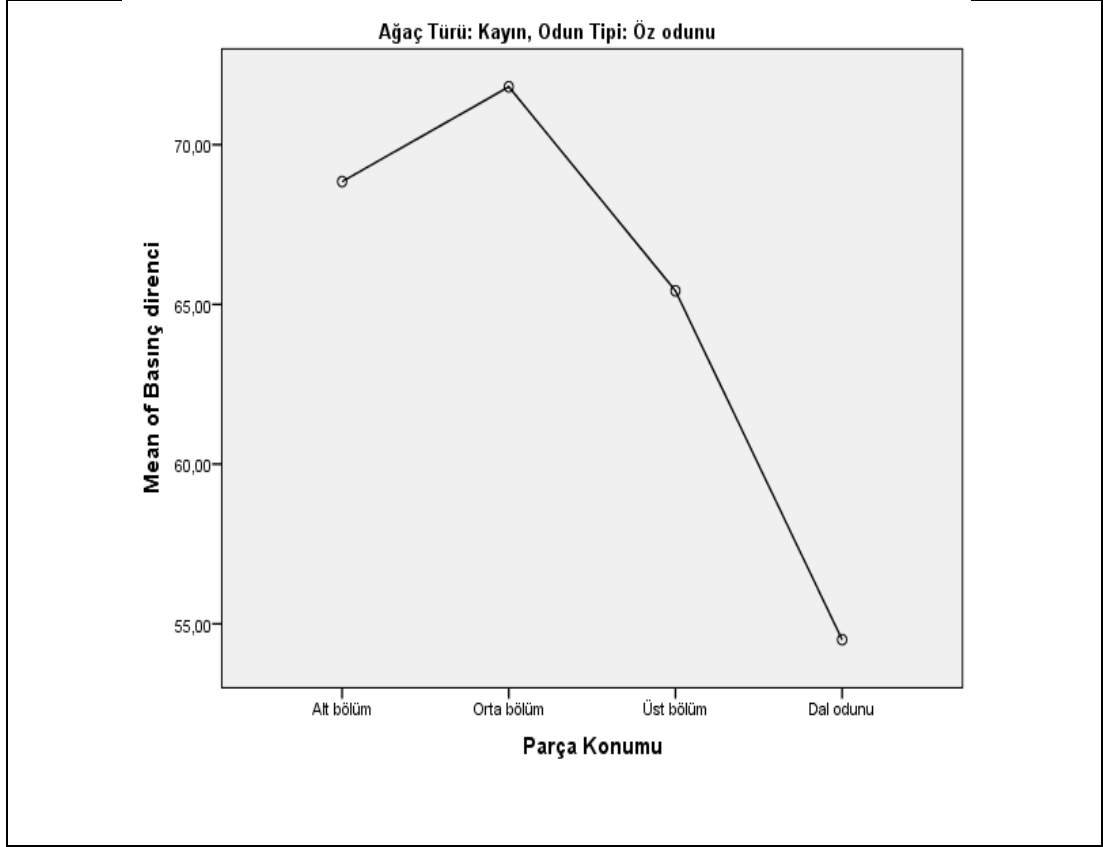
Şekil 4.6. Karaçam gövde bölümlerinin öz odunu basınç direnci grafiği.

Basınç direnci testlerine tabi tutulan Karaçam diri odun numuneleri ise orta ve alt bölüm örnekleme parçaları benzerlik gösterirken; üst bölüm ve dal odun parçaları arasında benzerlik görülmüştür (Şekil 4.7).



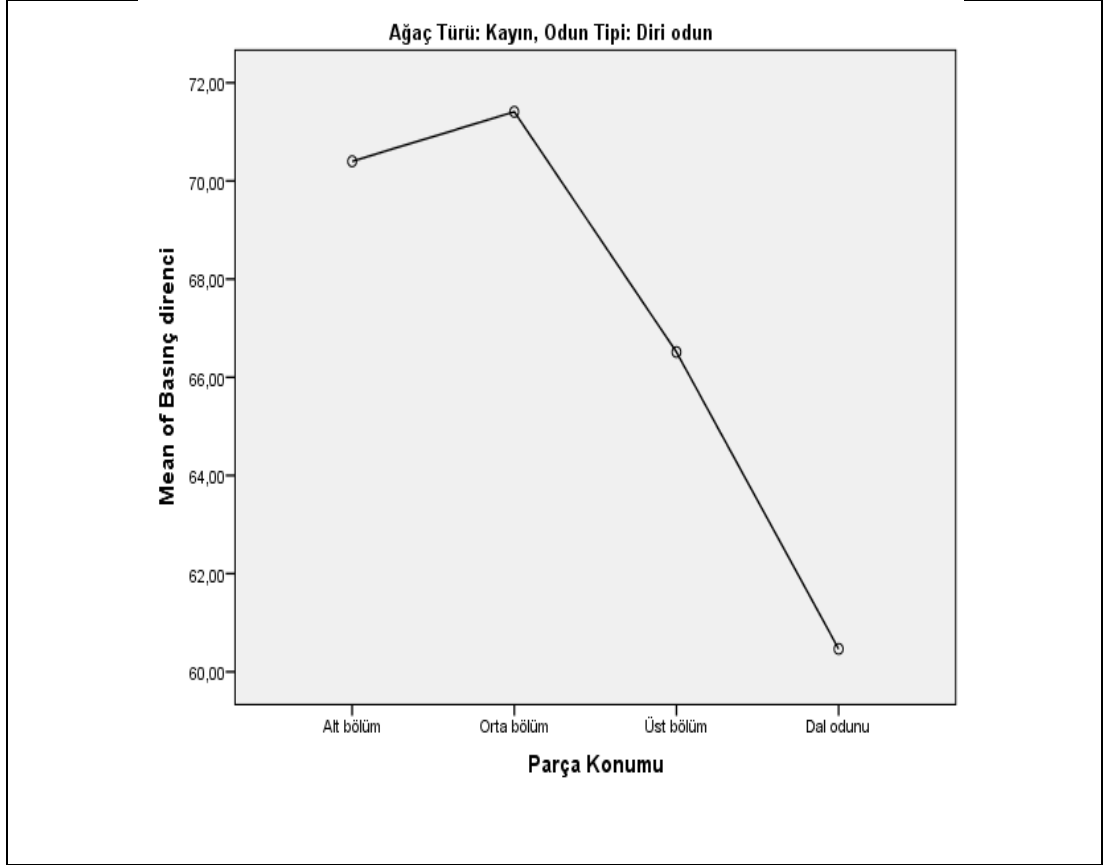
Şekil 4.7. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu basınç direnci grafiği.

Kayın örnek bireylerinden alınan öz odunu ahşap parçalar için yapılan Basınç direnci testlerince en yüksek direnç değeri kayın örnek bireylerinden alınan öz odunu parçaları için; orta kısımdan elde edilen ahşap numunelerde görülmüştür. En düşük direnç değeri ise dal odununda meydana geldiği ölçülmüştür (Şekil 4.8).



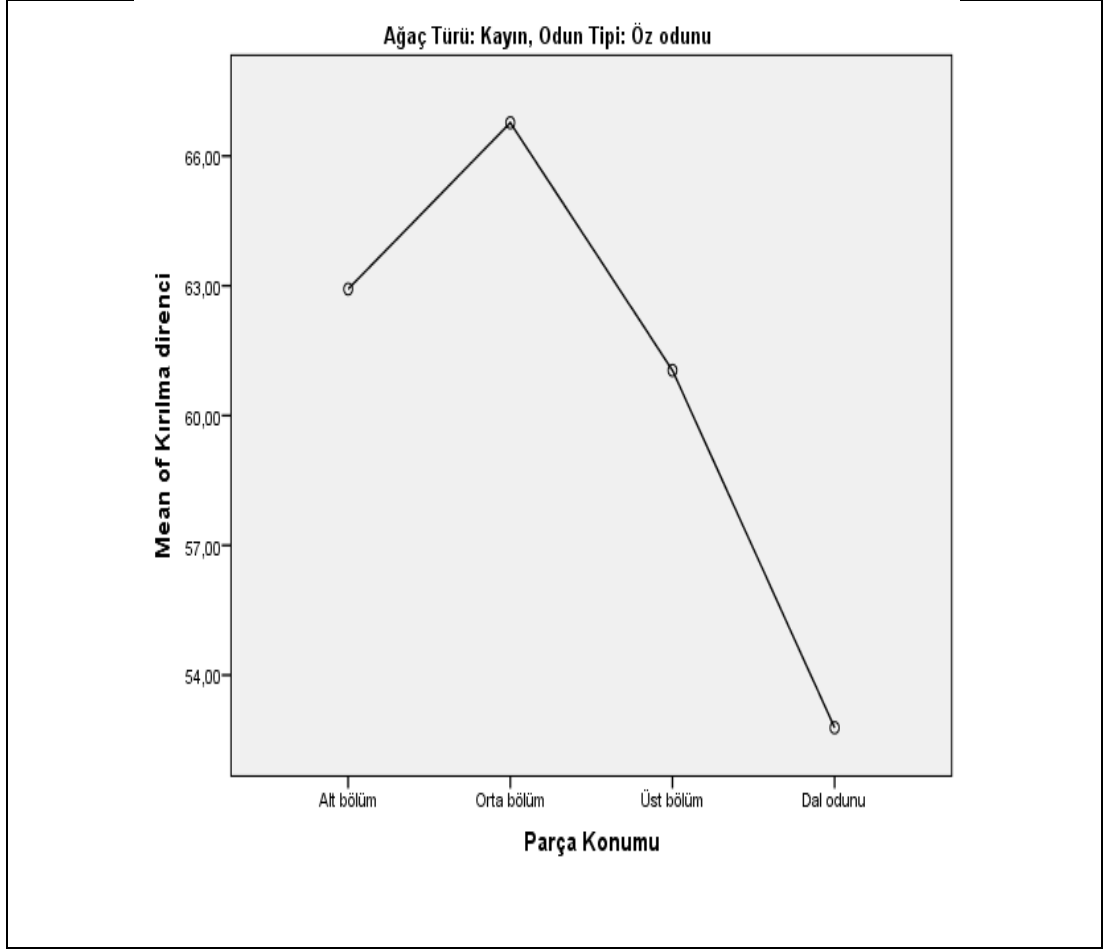
Şekil 4.8. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu basınç direnci grafiği.

Kayın ağacı örneklerinden alınan diri odun numuneleri incelendiğinde Kayın öz odunlarının tepkilerine benzer şekilde değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Basınç direncine en yüksek dayanıklılığı Kayın öz odununda olduğu gibi yine örnek numunelerin içerisinde orta bölüm göstermiştir (Şekil 4.9).



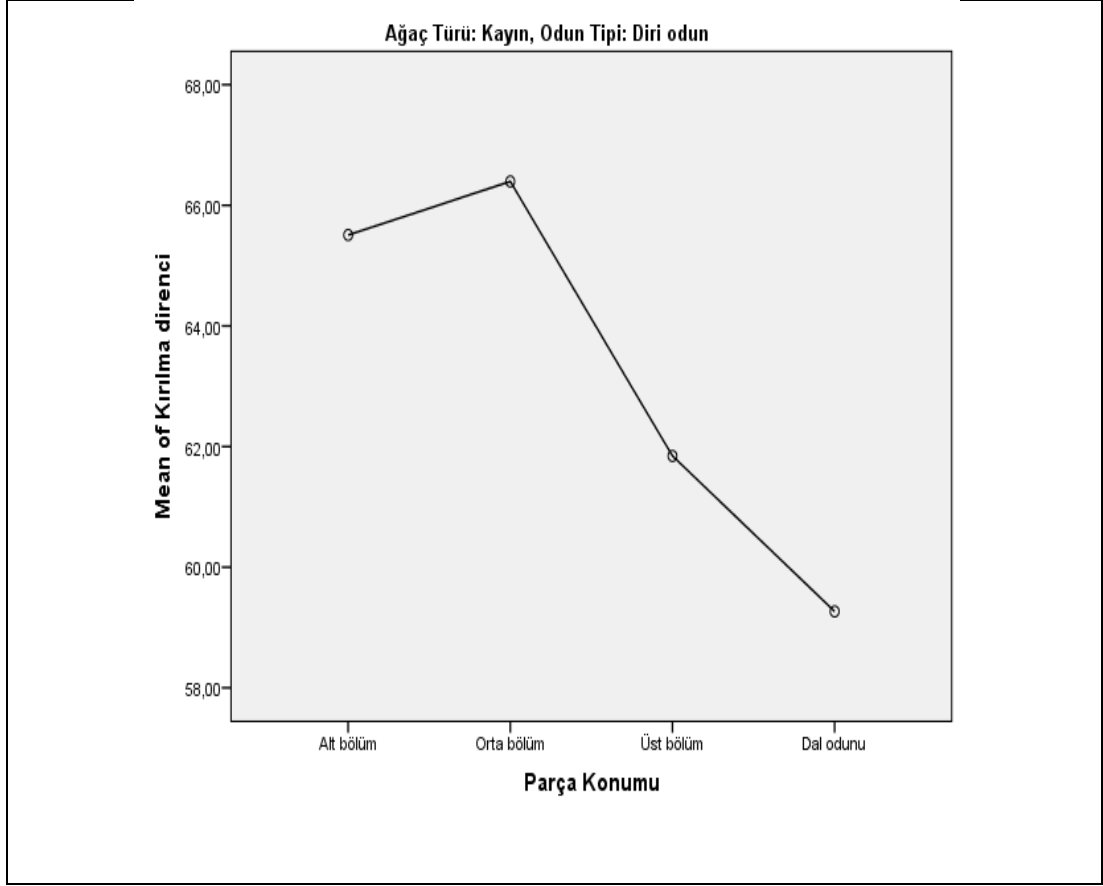
Şekil 4.9. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu basınç direnci grafiği.

Kırılma Direncine tabi tutulan Kayın örnek numunelerine ait öz odun parçaları için örnek ağaçların orta bölümlerinden alınan ahşap malzemelerin daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Örnek kayın ağaçlarının orta bölümlerinin daha dolu ve düzgün şekilli olması nedeni ile kırılma direncine dayanıklı olması alt, orta ve üst bölümler için benzerlik göstermesi ile birlikte kayın dal odununun ise aksi yönde kırılma direncine karşı daha dayanıksız olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10).



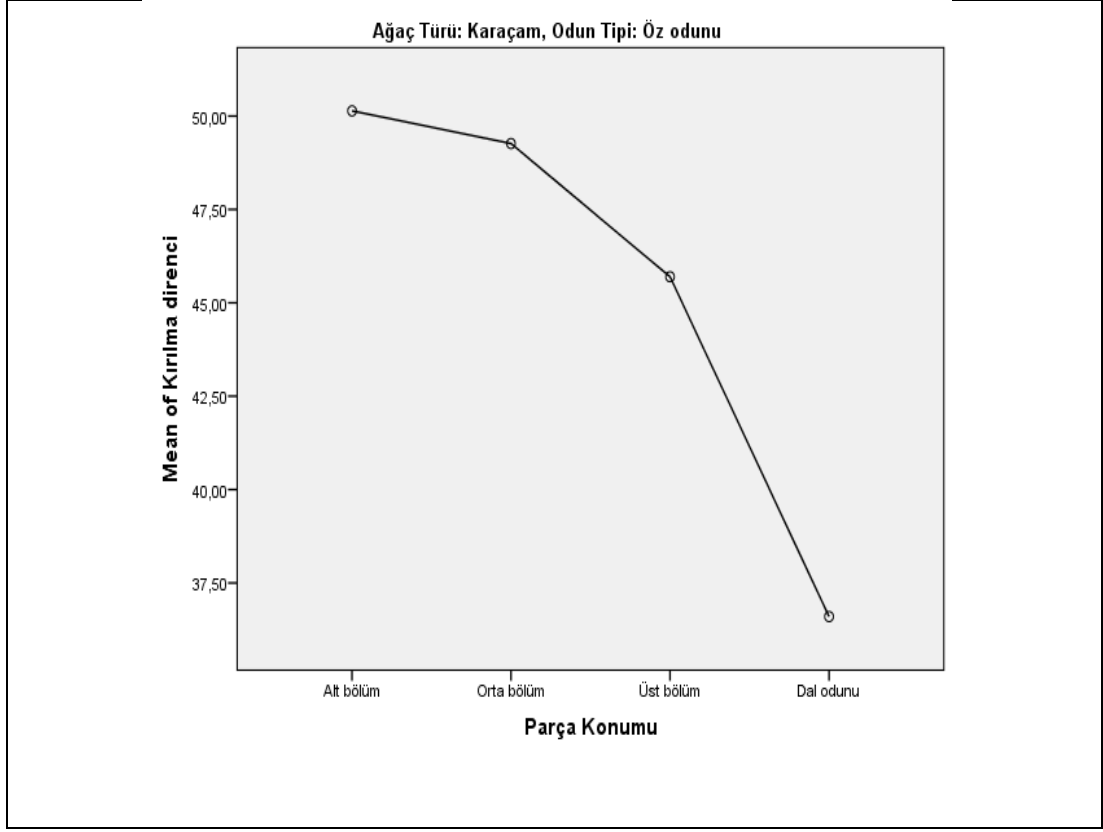
Şekil 4.10. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu kırılma direnci grafiği.

Kayın örnek numuneleri aralarından seçilen kayın diri odun ahşap malzemeleri için yapılan çalışmada kayın diri odunlarının kırılma direncine verdikleri tepki ile kayın öz odun ahşap parçalarının verdikleri tepkinin her iki örnek numunede benzer şekilde en yüksek kırılma direncinin kayın örneklerinin orta bölümlerinden ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 4.11).



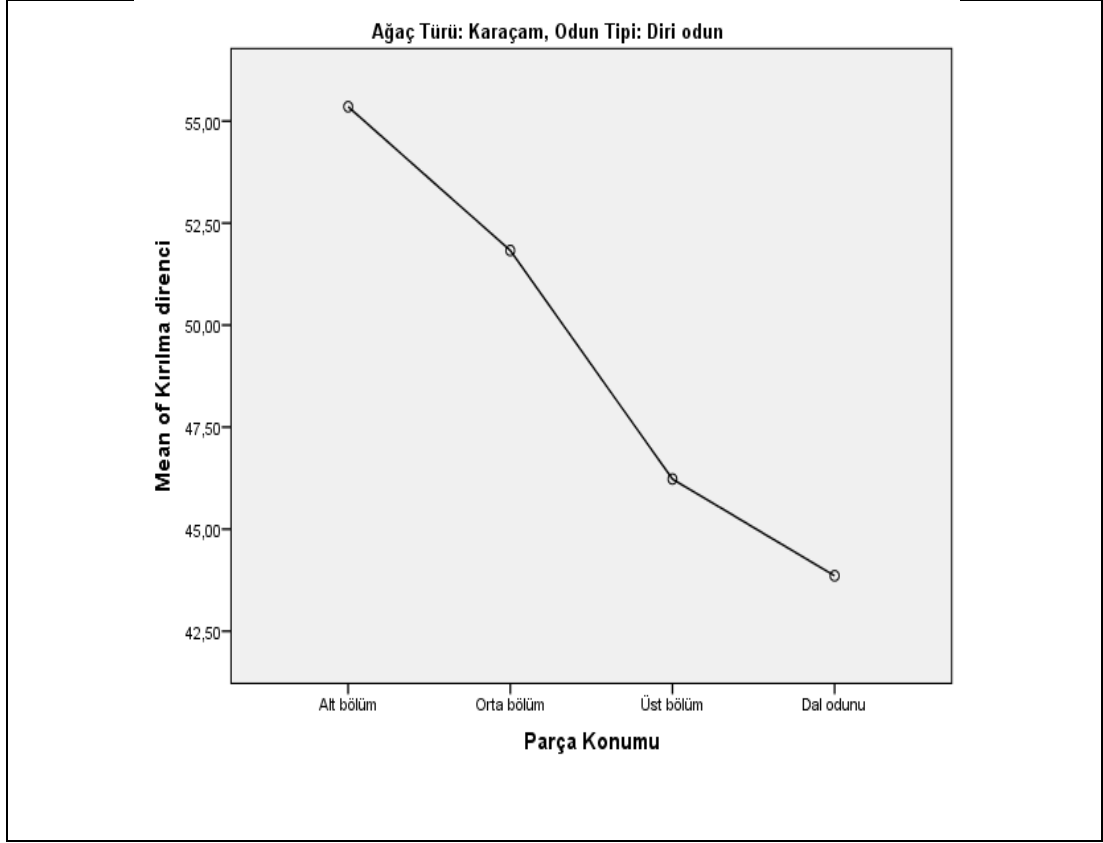
Şekil 4.11. Kayın örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu kırıma direnci grafiği.

Karaçam örnek bireylerinden alınan öz odun numunelerine uygulanan kırıma direnci testleri sonuçlarına göre kırıma direncine dayanıklılıkları sıralı şekilde alt, orta, üst bölüm ve dal odununa doğru giden bir eğri yapmış durumdadır. Dal odunu diğer üç kısımdan farklı şekilde tepki verirken alt, orta ve üst kısımda kırıma direnci nispeten benzerlik göstermektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri öz odunu kılma direnci grafiği.

Kılma direnci uygulanan bir diğer Karaçam diri odun numunelerinde ise üst kısımdan alınan ahşap parçalar ile dal odunu kılma direnci değerleri ile alt kısım ve orta kısım numuneleri de kendi aralarında benzerlik göstermektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Karaçam örnek bireylerinden alınan numune bölümleri diri odunu kırılma direnci grafiği.

4.4. AHŞAP MATERYALİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE AĞAÇLARIN BAZI ÖZELLİKLERİNİN İLİŞKİSİ

Kayın ağacının karbon oranı öz odunda ağacın boyu, yaşı ve mekanik özellikleri ile negatif ilişkili iken, diri odunda sadece ağaç boyu ve yaşı ile negatif ilişkili bulunmuştur. Mekanik özellikler olarak incelenen basınç ve kırılma dirençleri her iki odun tipinde de ağaç boyu ve yaşı ile pozitif ilişkilidir (Çizelge 10).

Karaçam ağacının karbon oranı öz odunda ağaç yaşı ile pozitif, diri odunda ise basınç direnci ve ağaç boyu ile negatif ilişkilidir. Mekanik dirençler ağaç boyu ile pozitif, ağaç çapı ile negatif ilişkili bulunmuştur (Çizelge 10).

Çizelge 4.10. Ahşap materyalin mekanik özellikleri ile ağaçların bazı özelliklerine ait korelasyon.

| Ağaç türü | Odun tipi | | %C | Basınç direnci | Kırılma direnci | Çap 1,30 | Boy | Yaş |
|-----------|-----------|-----------------|----------|----------------|-----------------|----------|----------|----------|
| Kayın | Öz odun | %C | 1,000 | -0,249** | -0,172* | 0,003 | -0,350** | -0,233** |
| | | Basınç direnci | -0,249** | 1,000 | 0,956** | 0,052 | 0,177* | 0,319** |
| | | Kırılma direnci | -0,172* | 0,956** | 1,000 | 0,085 | 0,143 | 0,293** |
| | Diri odun | %C | 1,000 | -0,061 | -0,065 | -0,094 | -0,203** | -0,270** |
| | | Basınç direnci | -0,061 | 1,000 | 0,998** | 0,012 | 0,215** | 0,313** |
| | | Kırılma direnci | -0,065 | 0,998** | 1,000 | 0,011 | 0,216** | 0,311** |
| Karaçam | Öz odun | %C | 1,000 | -0,031 | -0,054 | 0,150 | -0,014 | 0,170* |
| | | Basınç direnci | -0,031 | 1,000 | 0,837** | -0,022 | 0,177* | 0,068 |
| | | Kırılma direnci | -0,054 | 0,837** | 1,000 | 0,000 | 0,209** | 0,183* |
| | Diri odun | %C | 1,000 | -0,167* | -0,026 | 0,037 | -0,383** | 0,044 |
| | | Basınç direnci | -0,167* | 1,000 | 0,773** | -0,205** | 0,294** | -0,145 |
| | | Kırılma direnci | -0,026 | 0,773** | 1,000 | -0,049 | 0,255** | 0,076 |

** . Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir.

* . Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaş çap ve boy verilerinden elde ettiğimiz bilgiler doğrultusunda örnek bireylerin yaş, çap ve boy orantılarında doğru oran olmadığı görülmüştür. Göğüs çapları aynı olan Kayın (Göğüs çapları 36 cm) örnek bireylerinin birinin boy uzunluğu 20 m iken diğerinin boy uzunluğu 27 m ölçülmüştür. Yaş yılları ise göğüs çapı 36 cm boy 20 m ölçülen örnek Kayın bireyinde 144 yıl/yaş sayılırken, göğüs çapı 36 cm boy uzunluğu 27 m olan örnek Kayın bireyinde 154 yaş/yıl sayılmıştır. Karaçam örnek bireylerinde ise göğüs çapları farklı ancak boy uzunlukları ve yaş/yılları aynı olan bireyler görülmektedir. Örneğin göğüs çapı 42 cm ve 74 cm olan iki farklı Karaçam örnek bireyi için yapılan boy ölçümlerinde her iki Karaçam bireyi 26 m boy uzunluğu tespit edilip, yapılan yaş/yıl sayımlarında iki Karaçam ağacının da 162 yaş/yıla sahip olduğu tespit edilmiştir. Hacimsel artımın yüksek olduğu örnek bireylerin karbonu daha fazla tutma kapasitesine sahip olduğundan yola çıkarak çap boy dengesizliğinin ortadan kaldırılması için orman bakımı müdahalelerinde bulunulması ormanlarımızın karbon tutma kapasitelerini artıracak etmendir.

Çalışmanın sonucunda ağaç türlerinin mekanik özelliklerinin birbirinden farklı olduğu anlaşılmıştır. Kayın odunları basınç testinde karaçama göre daha dirençli bulunmuştur. Aynı şekilde kırılma direnci olarak da kayın karaçama oranla daha mukavemetli bulunmuştur. Ancak yüksek mekanik basınçlara maruz kalınacağı planlanan yerlerde karaçam yerine kayın kullanılması mevcut ahşap parçanın daha uzun ömürlü kullanılabilmesini temin edecektir.

Mekanik özellikler ağaçların farklı kısımlarından elde edilen ahşap malzeme üzerinde de farklılıklar göstermiştir. Basınç direnci bakımından ağaçların alt ve orta bölüm odunları en yüksek değere sahip olduğu halde dal odunları en düşük değere sahiptir. Basınç altında kullanılacak ahşap malzemenin dayanıklılığı ve dolayısıyla kullanım

ömrünün, ağacın hangi bölümünden elde edilmiş olduğuna bağlı olarak değişkenlik gösterebilecektir.

Bu ilişkileri karbon bağlamında ele alırsak; ahşap malzeme içerisinde depo edilmiş karbon miktarının ağaç malzemenin kullanım ömrü boyunca saklanabildiği gerçeğinden hareketle,

Önerilerimizi şu şekilde sıralayabiliriz:

- Ahşap malzemenin elde edildiği ağaç bölümü ağacın basınç altındaki dayanımını etkilemektedir.
- Ağaç türü ile elde edilen ahşap malzemenin mekanik özellikleri yakından ilişkilidir.
- Karbon tutma kapasitelerinin artırılması için bilinçli orman bakımları gerekmektedir.
- Çevresel fayda sağlamak amacı ile ahşap malzeme kullanımı doğaya ve atmosfere direnç kazandırmaktadır.
- Ahşap malzeme bulunduğu ortamdaki karbon gazlarını bünyesinde tutarak gaz zehirlenmeleri olasılıklarını en aza indirmektedir.
- Bu çalışma bölgemizde bu kapsamda yapılan ilk çalışmalardan biridir.

Ahşap malzemenin mekanik özellikleri ile karbon tutma başarısı üzerine farklı çalışmalar yapılması halinde hangi kullanım alanlarında ne tür malzeme kullanılırsa karbon depolama potansiyellerinin nasıl değişebileceği üzerine çeşitli çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Alptekin, Ü., “Anadolu karaçamı (Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana(Lamb.) Holmboe) ’nın coğrafik varyasyonları”, *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, A 36 (2): 132-154 (1986).

Alptekin, Ü., “Gövde şekil emsalinin tayininde kullanılabilecek bir formül”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, A 29 (2): 31-41 (1979).

Ataf, A. A. A., “Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü’nde Farklı Meşcerelerde Topraktaki Karbon Miktarının Belirlenmesi”, *Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu* (2017).

Ayanoğlu, S., “Türk orman rejimine eleştirel bir yaklaşım”, *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 46(2), 99-114 (1996).

Bates, L., Jones, B., Marland, E., Marland, G., Ruseva, T., Kowalczyk, T., and Hoyle, J. “Accounting for harvested wood products in a forest offset program: Lessons from California”, *Journal of Forest Economics*, 27, 50-59 (2017).

Bektaş, İ., Güler, C., and Baştürk, M. A., “Principal mechanical properties of Eastern beech wood (Fagus orientalis Lipsky) naturally grown in Andırın Northeastern Mediterranean region of Turkey”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(3), 147-154 (2002).

Bert, D., and Danjon, F., “Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature Pinus pinaster (Ait.)”, *Forest Ecology and Management*, 222(1-3), 279-295 (2006).

Bozkurt, Y. ve Erdin. N., “Ağaç Teknolojisi”, *İstanbul Üniversitesi, Yayın No. 3998, Orman Fakültesi Yayını No. 445*, İstanbul (1997).

Brack, C. L., and Richards, G. P., “Carbon accounting model for forests in Australia”, *Environmental Pollution*, 116: 187-194. (2002).

Canlı, K., “Küresel ısınmanın orman ekosistemine etkisi”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2): 86-96 (2010).

Göl, C., Çelik, N., Çakır, M., ve Gül, E., “Türkmen Dağı (Evkondu Tepe) Doğu Kayını (Fagus Orientalis Lipsky.) Ormanlarının Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri”, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 9 (1): 48-60 (2008).

Çalışkan, A., “Karabük-Büyükdüz Araştırma ormanında sarıçam (Pinus sylvestris L.)-Gökmar (Abies bornmülleriana Mattf.)-Kayın (Fagus orientalis Lipsky) Karışık

meşcerelerinde büyüme ilişkileri ve gerekli silvikültürel işlemler”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 42 (2) (1991).

Çömez, A. “Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi”, *Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2010).

Daşdemir, İ., “Orman Mühendisliğine Giriş”, *Bartın Üniversitesi*, Bartın (2011).

de Aza, C. H., Turrión, M. B., Pando, V., and Bravo, F., “Carbon in heartwood, sapwood and bark along the stem profile in three Mediterranean *Pinus* species”, *Annals of forest science*, 68 (6): 1067-1076 (2011).

DUYAR, A., “Türkiye ormanlarındaki rehabilitasyon çalışmalarının orman varlığı ve karbon birikimine katkısına ilişkin bir öngörü”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 373-381 (2018).

Fukatsu, E., Fukuda, Y., Takahashi, M., and Nakada, R., “Clonal variation of carbon content in wood of *Larix kaempferi* (Japanese larch)”, *Journal of wood science*, 54 (3): 247-251 (2008).

Gürses, M. K., Koçar, S., Yılmaz, E., ve Kahveci, G., “Türkiye’de ormancılığın sosyal ve ekonomik yaşamdaki yeri”, *T. C. Orman Bakanlığı*, Ankara (2000).

Kahyaoğlu, N., Güvendi, E., ve Kara, Ö., “Saf Doğu Kayını meşcerelerinde toprak üstü biyokütle miktarlarının belirlenmesi (Sinop-Türkeli örneği)”, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5 (2): 79-85 (2019).

Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., ve Kurt, R., “Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (19): 63-75 (2011).

Kılıç, A., Gülsoy, S. K., ve Ayçiçek, Y., “Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odununun lif morfolojisi ve kimyasal yapısı üzerine ağaç gövde yüksekliğinin etkisi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 74-81 (2017).

Konukçu, M., “Ormanlarımız ve ormancılığımız”, *DPT Yayını, 2. Baskı, Yayın No. 2630*, Ankara (2001).

İstek, A., Gülsoy, S. K., ve Eroğlu, H., “Karaçam öz odunu ve diri odunu lifsel özelliklerinin karşılaştırılması”, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, 1916-192 (2010).

Lamlom, S. H., and Savidge, R. A., “A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species”, *Biomass and Bioenergy*, 25 (4): 381-388 (2003).

Martin, A. R., and Thomas, S. C., A reassessment of carbon content in tropical trees. *PloS one*, 6 (8): e23533 (2011).

OGM, “Türkiye Orman Varlığı”, [https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Türkiye Orman Varlığı 2016-2017.pdf](https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Turkiye%20Orman%20Varligi%202016-2017.pdf) (2017).

OGM, “Orman Genel Müdürlüğü Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Yenice Orman İşletme Müdürlüğü Karakaya Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı” (2020).

Öztürk, A., ve Türker, M. F., “Farklı ilgi gruplarının orman kaynaklarına ve orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi: Maçka Devlet Orman İşletmesi örneği”, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (1-2): 135-145 (2005).

Özmen, M. T., “Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü”, *İMO Dergisi*, 453(1), 42-46 (2009).

Saatçioğlu, F., “Silvikültür I. silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 222*, İstanbul (1976).

Sivrikaya, F., ve Bozali, N., “Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1. Special Issue), 69-76 (2012).

Topaloğlu, E., Ay, N., ve Altun, L., “Ekolojik faktörlerin odun özelliklerine etkisi”, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 10(1), 84-96 (2014).

Tuncer, M. M., ve Kaya, Ö. N., “Orman ve su kaynakları orman ve su ekosistem ilişkisi”, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, 625-640 (2010).

Türkeş, M., “Küresel iklimin korunması, iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ve Türkiye”, *Tesisat Mühendisliği*, 61, 14-29 (2001).

Varol, T., Durkaya, B., ve Okan, E., “Biyokütle denklemleri ve biyokütle genişletme faktörü (BEF) ile karbon hesabı; Amasra Orman İşletme Şefliği örneği”, *4th International Symposium On Environment And Morals*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovin (2018).

Wang, L., Barta-Rajnai, E., Skreiberg, Ø., Khalil, R., Czégény, Z., Jakab, E., and Grønli, M., “Effect of torrefaction on physiochemical characteristics and grindability of stem wood, stump and bark”, *Applied Energy*, 227, 137-148 (2018).

Yaltırık, F., “Dendroloji II.”, *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No: 440*, İstanbul (1993).

Yeboah, D., Burton, A. J., Storer, A. J., & Opuni-Frimpong, E., “Variation in wood density and carbon content of tropical plantation tree species from Ghana”, *New Forests*, 45 (1): 35-52 (2014).

İnternet: Birinci, E., “Ahşap malzeme bilgisi”,
https://arac.kastamonu.edu.tr/images/2018/bolumler/ormancilik-ve-orman-urunleri/Duyurular/ORU115_ahsap_malzeme_bilgisi_I_ders_notu.pdf, (2018).

ÖZGEÇMİŞ

Hakan İŞCAN ilk ve orta öğrenimini Karabük'te tamamladı. Karabük Anadolu Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümü'nden mezun oldu. 2007 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksek Okulu Av ve Yaban Hayatı Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2009 yılında mezun oldu. 2011 yılında Yenice Orman İşletme Müdürlüğü'nde orman muhafaza memuru olarak göreve başladı. 2011 yılında Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başlayıp 2014 yılında mezun oldu. 2011-2019 yıllarında Yenice Orman İşletme Müdürlüğü'nde çalıştı. 2020 yılında Yenice Orman İşletme Müdürlüğü'nde Karakaya Orman İşletme Şefi olarak göreve başladı. 2021 yılı Haziran ayı ile Karabük Orman İşletme Müdürlüğü'nde Karabük Orman İşletme Şefi olarak göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.