

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİNOP YÖRESİ DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.) ORMANLARININ
TOPRAK ÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ
BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. Nuray KAHYAOĞLU

**MAYIS 2017
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN SİNOP YÖRESİ DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.)
ORMANLARININ TOPRAK ÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON
DEPOLAMA MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Orm. Yük. Müh. Nuray KAHYAOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.05.2017

Tezin Savunma Tarihi : 22.05.2017

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer KARA

Trabzon 2017

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Nuray KAHYAOĞLU Tarafından Hazırlanan

SİNOP YÖRESİ DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky.)
ORMANLARININ TOPRAK ÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON
DEPOLAMA MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09 / 05 / 2017 gün ve 1701 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof.Dr. Ömer KARA

Üye : Prof.Dr. İbrahim TURNA

Üye : Prof.Dr. Mustafa VAR

Üye : Prof.Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Üye : Prof.Dr. Temel SARIYILDIZ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Sinop Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Toprak Üstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiş olup katkılarından dolayı TÜBİTAK ve BAP’a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma konusunun seçiminden çalışmanın bitirilmesine kadar her aşamada yakın ilgi gösteren, sonsuz deneyimi ve özverili katkılarıyla araştırmaya yön vererek desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Lokman ALTUN’a ve ardından danışmanlığımı üstlenerek elinden gelen yardım ve desteğini esirgemeyip tezin tamamlanması ve sunumuna katkıda bulunan, kıymetli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Ömer KARA’ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezi izleme komitesindeki kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. İbrahim TURNA ve Sayın Prof. Dr. Mustafa VAR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmaları sırasında, araç ve işçi temini noktasında desteklerini gördüğümüz Türkeli Orman İşletme Müdürü Sayın Mehmet ERGİNBAŞ’a ve teknik elemanlarına teşekkürü bir borç biliriz. Yine arazi çalışmaları sırasında büyük emekler harcayan öncelikle kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Lokman ALTUN ve çok değerli meslektaşlarım Orman Yüksek Mühendisi Recep ARSLAN, Orman Yüksek Mühendisi Kadir KINALI, Yrd. Doç. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM ve Yrd. Doç. Dr. Engin GÜVENDİ’ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın laboratuvar aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. İlhan DENİZ, Prof. Dr. Ender MAKİNECİ ve Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY’a ve kıymetli meslektaşım Orman Mühendisi Erdem SAVAŞER ile birlikte diğer isimlerini tek tek sayamadığım meslektaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Büro çalışmaları sırasında gövde analizi, hasılat çalışmaları ve istatistiksel analizlerde yardımlarını esirgemeyen ve sabırla ilgi gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a sonsuz müteşekkirim.

Nuray KAHYAOĞLU

Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak sunduğum ‘‘Sinop Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Toprak Üstü Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer KARA’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdığimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22.05.2017

Nuray KAHYAOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kayın Ormanlarının Dünyadaki Yayılışı	9
1.3. Kayın Ormanlarının Türkiye'deki Yayılışı.....	10
1.4. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) nın Dendrolojik Özellikleri	11
1.5. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) nın Makroskobik Özellikleri	11
1.6. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) nın Mikroskobik Özellikleri.....	11
1.7. Kayın Ormanlarının Ekolojik Özellikleri	12
1.7.1. Kayın Ormanları İle Fizyografik Faktörler Arasındaki İlişkiler.....	12
1.7.2. Kayın Ormanları İle Klimatik Faktörler Arasındaki İlişkiler	13
1.7.3. Kayın Ormanları İle Edafik Faktörler Arasındaki İlişkiler.....	13
1.7.4. Kayın Ormanları İle Biyotik Faktörler Arasındaki İlişkiler.....	14
1.7.5. Literatür Özeti	14
2. ARAŞTIRMA SAHASININ GENEL TANITIMI	25
2.1. Konum Özellikleri	25
2.2. İklim Özellikleri.....	28
2.3. İklim Tipi	28

2.3.1.	400-600 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi	29
2.3.2.	600-800 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi	31
2.3.3.	800-1000 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi	32
2.4.	Topoğrafik Ve Jeolojik Yapı.....	34
2.5.	Bitki ve Orman Topluluklarının Çeşitleri	37
2.6.	Toprak Özellikleri	37
3.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	40
3.1.	Materyal	40
3.2.	Yöntem.....	40
3.2.1.	Hazırlık Çalışmaları	40
3.2.2.	Arazi Çalışmaları	41
3.2.2.1.	Deneme Alanlarının Nitelikleri ve Seçimi.....	41
3.2.2.2.	Örnek Ağaçların Nitelikleri ve Seçimi	42
3.2.2.3.	Kesit Örneklerinin Alınması	42
3.2.3.	Laboratuvar Çalışmaları.....	43
3.2.3.1.	Ağaç Biyokütlesinin Belirlenmesi	44
3.2.3.1.1.	Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	44
3.2.3.1.2.	Dal Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	46
3.2.3.1.3.	Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	47
3.2.3.1.4.	Yaprak Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	47
3.2.3.2.	Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi	48
3.2.3.3.	İstatistik Yöntemler.....	49
4.	BULGULAR.....	54
4.1.	Ağaç Biyokütlesine İlişkin Bulgular.....	54
4.1.1.	Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarları.....	54
4.1.2.	Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Tahmin Edilen Biyokütle Miktarları ve Denklemleri.....	55
4.1.2.1.	Tek Ağaç Bileşenlerinin Kuru Ağırlıkları ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki.....	55
4.1.2.1.1.	Gövde Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	55
4.1.2.1.2.	Dal Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	56

4.1.2.1.3. Yaprak Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	58
4.1.2.1.4. Kabuk Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	60
4.1.2.1.5. Toprak Üstü Toplam Biyokütle ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki.....	61
4.1.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerinin Biyokütle Bakımından Çap ve Boy İle İlişkisi	64
4.1.3. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	65
4.1.4. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	66
4.2. Karbon Denklemlerine İlişkin Bulgular.....	69
4.2.1. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarları	69
4.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Tahmin Edilen Karbon Depolama Miktarları ve Denklemleri	70
4.2.2.1. Tek Ağaç Bileşenlerinin Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki.....	71
4.2.2.1.1. Gövde Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	71
4.2.2.1.2. Dal Karbon Miktarı-Göğüs Çapı İlişkisi.....	72
4.2.2.1.3. Yaprak Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı İlişkisi	74
4.2.2.1.4. Kabuk Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	75
4.2.2.1.5. Toprak Üstü Toplam Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki	77
4.2.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerinin Karbon Miktarı Bakımından Çap ve Boy ile İlişkisi ..	80
4.2.3. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	81
4.2.4. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	82
5. TARTIŞMA	85
5.1. Toprak Üstü Biyokütle Değerlerine İlişkin İrdeleme	85
5.1.1. Tek Girişli Biyokütle Tablolarının İrdelenmesi.....	88
5.1.2. Çift Girişli Biyokütle Tablolarının İrdelenmesi.....	92
5.1.3. Yükselti ve Bakıya Göre Biyokütle Miktarlarının İrdelenmesi	96
5.2. Toprak Üstü Karbon Değerlerine İlişkin İrdeleme	96
5.2.1. Tek Girişli Karbon Tablolarının İrdelenmesi.....	100
5.2.2. Çift Girişli Karbon Tablolarının İrdelenmesi.....	102

5.2.3.	Yükselti ve Bakıya Göre Karbon Depolama Miktarlarının İrdelenmesi	103
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	105
7.	KAYNAKLAR	111
8.	EKLER.....	117
ÖZGEÇMİŞ		



Doktora Tezi

ÖZET

SİNOP YÖRESİ DOĞU KAYINI (*Fagus Orientalis* Lipsky.) ORMANLARININ TOPRAK ÜSTÜ BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Nuray KAHYAOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer KARA
2017, 116 Sayfa, 3 Ek Sayfa

Bu çalışma, yatay yayılışını Sinop-Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde, dikey yayılışını ise 450 m'den başlayıp 900 m yükseltiye kadar yapmakta olan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında yapılmıştır. Çalışmanın amacı; araştırma alanında yayılış gösteren kayın ormanlarının toprak üstü biyokütle ve karbon depolama miktarlarını belirleyerek bunlara ilişkin denklemleri düzenlemektir.

Bu amaca yönelik olarak; araştırma alanında yükselti-iklim kuşakları (400m-600m, 600m-800m, 800m-1000m) ve bakıya (kuzey-güney) bağlı olarak seçme örnekleme yöntemi ile 400 m² büyüklüğünde 55 adet deneme alanı alınmıştır. Her bir deneme alanından kesilecek olan ağaçların seçiminde; ağaçların değişik çap ve boy kademesinde, çeşitli gelişim çağlarında değişik yetiştirme ortamı ve kapalılık derecesinde, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına dikkat edilmiştir. Belirlenen örnek ağaçlar toprak seviyesinden kesilmiş, seksiyonlara ayrılarak kesitler alınmıştır. Ayrıca, örnek ağaç ve dalları temsilen bir dal seçilmiş ve bu örnek dalın yaş ağırlığı tespit edildikten sonra yaprakları daldan ayrılarak yaş yaprak ve dal ağırlıkları hassas terazi ile ölçülerek belirlenmiştir. Daha sonra dal ve yapraklardan örnekler alınarak polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Örnekler üzerinde biyokütle ve karbon depolama tayinleri yapılmıştır.

Çalışma sonucunda; biyokütlenin % 77,5'inin gövde odunundan oluştuğu tespit edilmiş olup, bunu sırasıyla dal (% 13,3), kabuk (% 7,4) ve yaprak (% 1,8) takip etmiştir. Benzer durumu karbon depolama açısından da görmek mümkündür. Zira depolanan karbon miktarları içerisinde en yüksek değer % 77,9 ile gövde odununda elde edildiği, bunu sırasıyla dal (% 13), kabuk (% 7,3) ve yaprak (% 1,8) gibi ağaç bileşenlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Gerek biyokütle ve gerekse karbon depolamaya yönelik olarak belirlenmiş olan denklemler ilgili bölümlerde verilmiştir.

Çalışma sonuçları yükseltiye bağlı olarak ağaç bileşenlerinin biyokütle ve karbon içeriklerinin anlamlı oranda değiştiğini göstermektedir. Bakı ile toprak üstü biyokütle ve karbon içerikleri arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu kayını, biyokütle, karbon depolama, yükselti, bakı

Doctorate Thesis

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE BIOMASS AND CARBON STORAGE OF THE ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky.) FOREST IN SINOP REGION

Nuray KAHYAOĞLU

Karadeniz Technical University
Institute of Science
Department of Forest Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Ömer KARA
2017, 116 Pages, 3 Appendix

This study was conducted in the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest which its horizontal spread is within the borders of Sinop-Türkeli Forest Management Directorate while the vertical spread is between 450-900 meters.

For this intended purposes the research ground included altitude-climate zones (400m-600m, 600m-800m, 800m-1000m) and considering the aspect (north-south) 55 sample plots the size of 400m². For each tree to be cut within the sample ground, the various stages of tree height and diameter, the different habitats within various development stages and canopy degree, aliveness, strength of the top, number of the shaft and health was considered. The sample trees were cut from the ground level and by dividing into divisions sections were taken. In addition, as a representative of sample trees and branches was selected and after this branch's fresh weight was determined by separating the twig from the leaves the fresh twig and leaves weight was determined with a precision scale. Then the samples from the twig and the leaves were brought to the laboratory within polyethylene bags. On the samples, biomass and carbon storage examinations were made.

According to result of this study, it was concluded that the 74,4% of the biomass belonged to the stem wood while 13,3% branch, 7,4% bark and 1.8% leaves followed in suit. A similar situation can be seen in terms of carbo storage. Because the highest value of stored carbon continents is obtained within the stem wood with a value of 78% while the branch (13%), the bark (7.3%) and the leaves (1.8%) followed in suit. Both biomass and carbon storage equations are given in the relevant section.

Our results also revealed that altitude significantly effect above ground biomass and carbon storage of the different part of the trees. On the other hand, we didn't determine significantly relationships among exposure, biomass and carbon storage.

Keywords: Oriental beech, biomass, carbon storage, altitute, exposure

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Sera etkisinin şematik gösterimi.	2
Şekil 2.	1961-1990 dönemi ortalamalarından farklılara göre hesaplanan küresel yüzey sıcaklığı anomalilerindeki değişimler	4
Şekil 3.	Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.)'nın Dünya'daki yayılışı	9
Şekil 4.	Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.)'nın Türkiye'deki yayılışı	10
Şekil 5.	Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü Haritası	25
Şekil 6.	Türkiye Büyük Flora Bölgelerini gösteren harita	27
Şekil 7.	Araştırma Alanını Gösteren Davis Karelaj Sistemi Haritası	27
Şekil 8.	Sinop İli Jeoloji Haritası	37
Şekil 9.	Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 55 adet örnek noktaları gösteren harita.....	38
Şekil 10.	Araştırma alanlarındaki saf doğu kayını ormanlarından fotoğraflar.....	39
Şekil 11.	Araştırma Alanının Genel Görünümü.....	41
Şekil 12.	Deneme alanı olarak seçilen kayın meşceresine ait bir görünüm	42
Şekil 13.	Örnek ağaçlardan alınan kesit örnekleri.....	43
Şekil 14.	Deneme alanını temsil eden örnek ağacın kesimi ve seksiyonlara ayrımı.....	45
Şekil 15.	Örnek ağaçlardan alınan kesitlerin hacimlendirilmesi.....	45
Şekil 16.	Örnek ağaçta ait dalların hacimlendirilmesi	46
Şekil 17.	Örnek dala ait yaş yaprak ve dal ağırlığının belirlenmesi.....	47
Şekil 18.	Örnek ağaca ait gövde ve tüm ağaç bileşenlerinin parçalanması ve öğütmeye uygun hale getirilmesi	48
Şekil 19.	Karbon tayin cihazı	49
Şekil 20.	Çalışma alanındaki örnek ağaç bileşenlerine ait ölçülen biyokütle miktarları ...	54
Şekil 21.	Göğüs çapı- gövde kuru ağırlığı ilişkisi	56
Şekil 22.	Göğüs çapı- dal kuru ağırlığı ilişkisi.....	58
Şekil 23.	Göğüs çapı- yaprak kuru ağırlığı ilişkisi.....	59

Şekil 24. Göğüs çapı- kabuk kuru ağırlığı ilişkisi.....	61
Şekil 25. Göğüs çapı- toprak üstü toplam biyokütle kuru ağırlığı ilişkisi.....	62
Şekil 26. Çapa bağlı biyokütle bileşenleri.....	64
Şekil 27. Çalışma alanındaki örnek ağaç bileşenlerine ait ölçülen karbon depolama miktarları.....	70
Şekil 28. Göğüs çapı-gövde karbon miktarı ilişkisi.....	72
Şekil 29. Göğüs çapı-dal karbon miktarı ilişkisi.....	73
Şekil 30. Göğüs çapı-yaprak karbon miktarı ilişkisi.....	75
Şekil 31. Göğüs çapı-Kabuk karbon miktarı ilişkisi.....	76
Şekil 32. Göğüs Çapı-Toprak üstü toplam karbon miktarı ilişkisi.....	78
Şekil 33. Çapa bağlı karbon bileşenleri.....	79
Şekil 34. Ağaçta depolanan toplam biyokütle miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı.....	88
Şekil 35. Ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı.....	100

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan örnek alanların koordinat, yükselti ve bakıları.....	26
Tablo 2. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükselti 405 m İçin Su Bilançosu	30
Tablo 3. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükselti 724 m İçin Su Bilançosu	31
Tablo 4. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükseltisi 982 m İçin Su Bilançosu.....	33
Tablo 5. Gövde biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	55
Tablo 6. Dal biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	57
Tablo 7. Yaprak biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	59
Tablo 8. Kabuk biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	60
Tablo 9. Toprak üstü toplam biyokütle için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	62
Tablo 10. Örnek ağaçların biyokütle tahminlerine ilişkin regresyon sonuçları (kuru ağırlık).....	63
Tablo 11. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	66
Tablo 12. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	67
Tablo 13. Yaprak bileşenine ait Duncan Testi sonucu	68
Tablo 14. Dal bileşenine ait Duncan Testi sonucu.....	68
Tablo 15. Gövde bileşenine ait Duncan Testi sonucu	68
Tablo 16. Toprak üstü ağaç bileşenlerinin toplam biyokütle miktarına ait Duncan Testi sonucu	69
Tablo 17. Gövde karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	71

Tablo 18. Dal karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar.....	73
Tablo 19. Yaprak karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	74
Tablo 20. Kabuk karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar	76
Tablo 21. Toprak Üstü Toplam Karbon Miktarının Tahmin Edilmesi İçin Oluşturulan Regresyon Modelleri ve Bazı İstatistiksel Sonuçlar	77
Tablo 22. Örnek ağaçların karbon tahminlerine (kg) ilişkin regresyon sonuçları.	78
Tablo 23. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	81
Tablo 24. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları.....	82
Tablo 25. Yaprak bileşenine ait Duncan Testi sonucu.....	83
Tablo 26. Gövde bileşenine ait Duncan Testi sonucu.....	83
Tablo 27. Toprak üstü toplam karbon depolama miktarına ait Duncan Testi sonucu.....	84
Tablo 28. Benzer çalışmalara ilişkin karbon içeriği değerleri.....	99

SEMBOLLER DİZİNİ

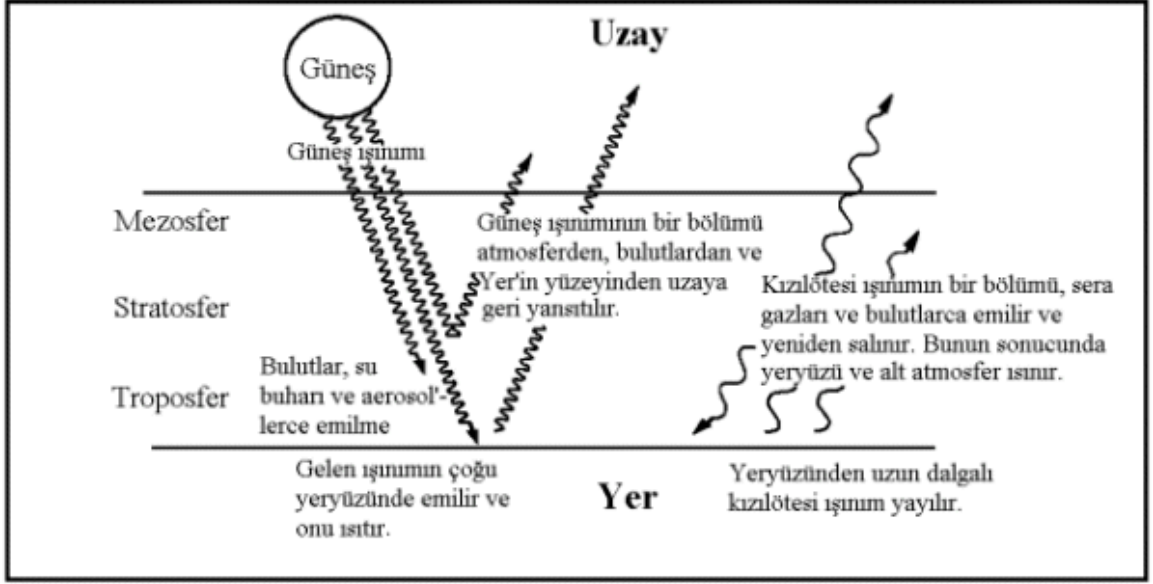
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CO ₂	: Karbondioksit
CH ₄	: Metan
CFC	: Kloroflorokarbon
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
d	: Çap
FSK	: Faydalanılabilir Su Kapasitesi
GET	: Gerçek Evapotranspirasyon
GBG	: Güney bakı grubu
H ₂ O	: Su buharı
h	: Boy
ha	: Hektar
K	: Potasyum
KBG	: Kuzey bakı grubu
LAI	: Yaprak Alan İndeksi
M	: Metre
Mg	: Magnezyum
N ₂ O	: Nitrousoksit
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
P	: Fosfor
pH	: Asitlik
p	: Önem Düzeyi
R ²	: Belirtme Katsayısı
Sy.x	: Standart Hata Değerleri
V	: Hacim
%	: Yüzde

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaştırma, tarım ve arazi kullanımı değişiklikleri gibi insan etkinlikleri, küresel olarak sera gazlarının ve bazı bölgelerde de sülfat aerosollerinin atmosferdeki birikimlerini arttırmaktadır. Bu artış sanayi devriminden beri sürmektedir. Sera gazlarının birikimlerindeki artış atmosferi ısıtma eğilimi gösterirken, aerosollerdeki artış soğutma eğilimindedir. İklimsel değişebilirlik araştırmaları ve iklim senaryoları/modelleri, sera gazlarındaki ve aerosollerdeki bu değişikliklerin sıcaklık, yağış, toprak nemi, deniz seviyesi gibi iklimsel ve iklim ile ilişkili elemanlardaki küresel ve bölgesel değişiklikleri yönlendirdiklerini göstermektedir. Sera gazlarının ve aerosollerin etkilerini birlikte dikkate alan en duyarlı iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 2100 yılına kadar 1-3,5 °C arasında bir artış ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde de 15-95 cm arasında bir yükselme olacağını öngörmektedir. İçerdiği tüm belirsizliklere karşın, küresel ısınmanın sürmesi durumunda, bazı bölgeler için ekstrem yüksek sıcaklıklar, taşkınlar, yaygın ve şiddetli kuraklık olayları, onların doğal bir sonucu olan çalılık ve orman yangınları ile insan sağlığını ve ekosistemlerin işlevselliğini de içeren bazı ciddi potansiyel değişikliklerin olacağı ifade edilmektedir (Türkeş ve ark., 2006).

Yerküre'nin sıcaklık dengesinin kuruluşundaki en önemli süreç olan doğal sera etkisinin oluşumu, atmosferin kısa dalgalı güneş ışınımını geçirme, buna karşılık uzun dalgalı yer ışınımını emme ya da tutma eğiliminde olmasına bağlıdır (Şekil 1) (Türkeş ve ark., 2006).



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi.

Atmosferdeki karbondioksit, sera etkisi adı verilen bir yolla güneş ısısını tutarak yeryüzünün ısınmasında önemli bir rol oynar. Sera etkisi, doğal bir ısınma sürecidir. Karbondioksit ve belirli bazı gazlar atmosferde sürekli bulunurlar. Bu gazlar, tıpkı seralarda olduğu gibi Dünya'nın gerekli sıcaklığının korunmasını sağlarlar. Ancak, insan etkisiyle atmosfere daha yoğun olarak salınan bu gazlar, dünya yüzeyinin istenilenden daha fazla ısınmasına yol açar. Bu gazlar içerisinde en büyük etkiyi karbondioksit (CO_2) ve su buharı (H_2O) yapmaktadır. Bunları sırasıyla metan (CH_4), nitrousoksit (N_2O) ve kloroflorokarbon (CFC) bileşikler takip etmektedir (URL-1).

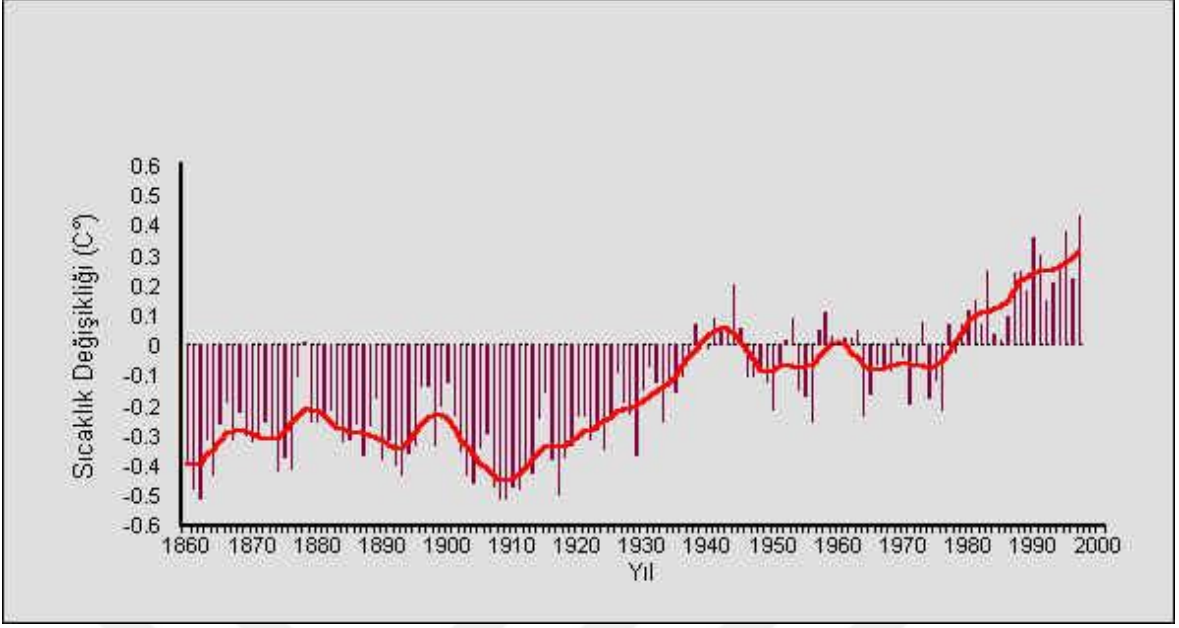
Küresel ısınmaya sebep olan sera gazları, esas olarak, fosil yakıtların yakılması, sanayi, ulaştırma, arazi kullanımındaki değişim, katı atık yönetimi, tarımsal ve hayvansal etkinliklerden kaynaklanmaktadır. Her yıl insan kaynaklı net 3,2 milyar ton karbon (C) atmosfere katılmaktadır. Bunda en büyük pay, toplumun enerji üretimi için fosil yakıt kullanımı ve sanayi üretimine aittir (URL-1).

Fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğal gaz, endüstrileşmiş tüm ulusların enerji gereksinimini karşılar. Bu nedenle de, Dünya ekonomisi karbon üzerine kuruludur. Bu yakıtların yanma yan ürünü de karbondioksittir. Yani, insanlar doğal süreçle karbon salımından daha hızlı atmosfere karbondioksit ekliyorlar. Atmosferdeki fazla karbonun büyük bir kısmı orman ağaçlarında depolanmaktadır. Çeşitli nedenlerle orman alanlarının yakılarak yok edilmesi ormanlarda depolanacak olan tüm karbondioksitin atmosfere

verilmesine sebep olmaktadır. Diğer taraftan orman alanlarının açılarak tarım ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi karbonun en önemli depo alanlarının ortadan kaldırılması sonucunu doğurmaktadır (URL-1).

İnsanlığın ana enerji kaynağı olarak fosil yakıtlara olan uzun süreli bağımlılığı yanında orman alanlarındaki hızlı azalma atmosferdeki karbondioksit birikimini büyük ölçüde artıracaktır. Karbondioksit birikimindeki bu artışın küresel iklimde önemli ve uzun süreli değişikliklere yol açabileceği görüşünü kuvvetlendirmektedir. İnsan etkisiyle atmosfere eklenen karbondioksitin, atmosferden insan etkisiyle uzaklaştırılması çok yavaş gelişen bir süreçtir ve bu yüzden atmosferde artan karbondioksit birikiminin iklimsel sonuçları da uzun bir süre etkili olmaktadır.

Atmosferdeki CO₂ ve diğer sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden sonra başlayan hızlı büyüme eğilimine paralel olarak, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında da belirgin ısınma eğilimleri gözlenmiştir. Küresel ortalama yüzey sıcaklığının, 19. yüzyılın sonundan 1995 yılına kadar yaklaşık 0,3 – 0,6 °C'lik bir artış gösterdiği hesaplanmıştır (IPCC, 1996 a). Küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşmiş ve 1990'lı yıllarda en yüksek değerlerine ulaşmıştır (Şekil 2). 1961–1990 dönemi ortalamasından 0.43° C daha yüksek olan 1997 yılı küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 1860 yılından başlayan aletli gözlem dönemindeki en yüksek sıcaklık değeri olmuştur (WMO, 1998; Türkeş, 1998).



Şekil 2. 1961-1990 dönemi ortalamalarından farklara göre hesaplanan küresel yüzey sıcaklığı anomalilerindeki değişimler (Türkeş 1998 b).

Küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişiklikleri, daimi kar örtüsü sınırında meydana gelecek değişimler, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının meydana gelmesi, taşkın ve sellerin daha sık oluşması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar, orman yangınları ve tarım zararlıları gibi insan hayatını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek önemli sorunların ortaya çıkacağı ifade edilmektedir.

Ormanlar vazgeçilmez yenilenebilir bir doğal kaynak ve tüm canlıların çok önemli yaşama ortamı olarak yaratılmışlardır. Ormanlar, gelişigüzel bir araya gelmiş ağaç toplulukları olmayıp, dünya üzerinde örneği çok az görülen ilginç bir yaşama birliği beraberliği şeklinde meydana getirilmişlerdir. Bu yaşama birliğini ağaçlarla birlikte diğer bitkiler, hayvanlar ve toprak organizmaları gibi canlı varlıklarla, onların yaşama ve gelişmesini sağlayan toprak, hava, su, ışık ve sıcaklık gibi cansız çevre faktörleri oluşturmaktadır. Ormanı meydana getiren bu öğelerin hepsine, yaşama beraberliğini sürdürebilmeleri için ayrı ayrı görevler yüklenmiştir. Örneğin ormanlar, fotosentez yaparak bir yandan bütün canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni üretirken, öte yandan da küresel ısınmaya neden olan karbondioksit miktarını azaltmaktadır.

Tortul kayaçlar dışında, dünya karasal ekosisteminde tutulan karbonun yaklaşık %67'si orman ekosistemlerinde depolanmaktadır. Tüm dünyada bitki örtüsü tarafından tutulan karbonun %75'ini ormanlar tutmaktadır. Ayrıca doğal olmayan karbon stokları da vardır. Örneğin çok uzun ömürlü odun ürünleri (ahşap binalar, mobilya vb.) çürüyüp yanmadıkları sürece karbon stokları olarak kalırlar (WMO, 1998).

Ormanlar bir ağaç topluluğu olmanın yanı sıra, binlerce yılda oluşmuş toprağı, içinde barındırdığı binlerce hatta milyonlarca bitki, hayvan ve mikroorganizmalarıyla ve bunların karşılıklı ilişkileriyle bir çevre sistemi ve yaşama birliğidir. Bu sistem insan eliyle yok edildikten sonra tekrar insan eliyle geri getirilmesi için büyük emek, para ve zamana ihtiyaç vardır. Ormanlar dünyanın akciğerleri olup binlerce yıldır fotosentez ile bitki ve toprak solunumu yoluyla karasal biyosfer ve atmosfer arasında sürekli ve dengeli bir karbon akışını sağlamaktadır. Ancak, yanlış arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık etkinlikleri bu doğal dengeyi ve ona ilişkin süreçleri bozmuştur. Küresel ısınma ve hava kirliliği sonucunda orman ekosistemleri ya yok olmuş, ya da bünye olarak zayıflamıştır. Bu durum ormanların karbon çevrimindeki rolünü olumsuz yönde etkilemiştir (Anonim 1c).

Orman ekosistemleri, dünya üzerindeki atmosferin oksijen ve karbondioksit dengesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bilindiği üzere her yeşil bitki gibi ormanlar da fotosentez yapmakta bu süreç sonucunda atmosferden karbondioksit alarak tüketmekte, bunun karşılığında oksijen üreterek atmosfere vermektedir.

Çeşitli otoritelere göre ormanların fotosentez yoluyla ürettikleri oksijen miktarı yılda 28-55 trilyon ton arasında değişmektedir. Bu miktar tüm kara bitkilerinin ürettiği yıllık oksijen miktarının % 64-74'ü kadardır. Üretilen yıllık oksijen miktarı ağaç türleri ve iklim bölgelerine göre değişim göstermektedir. Örneğin kayın ormanı 15,6 ton/ha/yıl, meşe ormanı 11.5 ton/ha/yıl ve çam ormanı 10.3 ton/ha/yıl oksijen üretmektedir.

Yaprak yüzeyi 1600 m² olan 100 yaşında iyi gelişmiş bir kayın ağacının fotosentez için 40 milyon m³ havayı yapraklarına alarak, bu hava içindeki 12 bin m³ CO₂'i fotosentezde harcayarak gövdesinde 6 ton karbonu kimyasal enerji olarak bağlamakta, bu süreç içinde 4,6 ton oksijen üretmektedir (Roulet ve Freedman, 2003). Böylece küresel ısınmayı azaltmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre sadece tropik ormanların bu yolla küresel ısınmayı önleme işlevinin parasal olarak değerinin 3,7 trilyon dolar olduğu bildirilmektedir. Bütün bu hesaplamalar yapılırken geceleyin oksijen üretiminin yapılmadığı, aynı zamanda ağaçların solunumla gece ve gündüz oksijen harcadığı da hesaba katılmıştır. Dünya

üzerindeki tüm bitkilerin yıllık fotosentez ile 100 trilyon tonun üzerinde karbondioksit bağladığı tahmin edilmektedir. Bu miktarın, tüm dünya için yıllık kömür ihtiyacının 100 katından daha çok olduğu bildirilmektedir.

Dünyanın akciğeri olan ormanlar atmosferdeki yüksek değerlere ulaşmış olan karbonu bünyelerinde depolama özelliğine sahip yegâne doğal kaynaktır. Bu nedenle ormanların sürdürülebilirliğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Ormanların sürdürülebilirliği ise silvikültürel müdahalelerle mümkün olmaktadır. Bu bağlamda ormanlara yapılacak olan aralama, gençleştirme vb. silvikültürel müdahaleler ormanların toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarlarına yani ormanlardaki karbon döngüsüne etki yapmaktadır (Yağcı, 2010).

Biyokütle, belli bir alanda yaşayan canlı organizmaların ve onların ölü artıklarının kuru ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak $g\ m^{-2}$ veya $kg\ ha^{-1}$ olarak gösterilmektedir (Özkaya, 2004).

Bir orman ekosisteminde biyokütle; ormanda bulunan ağaç ve ağaççıkların toprak üstü kısımları, orman altı ölü örtüsü, mineral toprakta bulunan kısımlar, heterotrof organizmaların (ayrıştırıcı ve tüketici) dokuları şeklinde 5 ana kaynakta toplanmıştır (Özkaya, 2004).

Yapılan çalışmalarda bunların farklı alanlarda ve farklı orman ekosistemlerinde dağılımlarının ve miktarlarının birbirinden farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.(Barnes et al, 1988). Bunlar içerisinde en fazla biyokütle içeren kısımlar ormanda bulunan ağaç ve ağaççıklar ile bunların mineral toprakta bulunan kısımlarıdır. Çoğu çalışmalar genelde orman biyokütlesinin belirlenmesinde toprak üstü kısmı kullanılmaktadır. Çünkü toprak altı kısmı çalışmak daha zor ve zaman alıcıdır (Özkaya, 2004).

Güncel anlamda biyokütle belirli büyüklükte bir orman alanında ağaç ve ağaççık topluluğunun ağırlık ($kg/ton/ha$) olarak tanımlanmasını ifade etmektedir. Orman biyokütlesi, orman ürünü olarak ormanın şimdiki kapasitesini ve büyümesini belirten uzun süreli işletmeciliğin sağlanması için bilinmesi gereken bir terimdir (Alemdağ, 1980), (Özkaya 2004).

Fotosentez ile depo edilmiş güneş enerjisinin bir sonucu olarak biyokütle, çeşitli tür ve biçimde (yakma, biyogaz üretimi, fermentasyon, pyroliz, bitkisel yağlar vb.) kullanım enerjisine dönüştürülebilmektedir. Uygun teknolojik olanakların sağlanması ile tüm ağaçların hasat edilmesi sonucu gövde odunu, dallar, ibreler/yapraklar ve gereğinde kütük

ve köklerden oluşan biyokütlenin endüstriyel değerlendirilmesi söz konusu olabilmektedir (Akalan, 1985), (Özkaya, 2004).

Orman ekosistemlerinde biyokütle belirlemesinin amaçlarının en önemlilerinden bazıları; belirlenen biyokütle ile ortamdaki besin elementleri döngüsü, topraklarda minerallerin ve organik maddenin kaybı ya da birikmesi arasında önemli bir ilişkinin olması, dünyadaki karbon döngüsü ve dengesi üzerinde önemli rol oynayan orman ekosistemlerinin ve üretimlerinin belirlenmesi, şu anda bozulmak üzere olan karbon dengesi ve onun etkilerini anlamada yararlı olması, orman alanlarında birikebilecek potansiyel biyokütle miktarının orman yangınları üzerine olacak etkisi olarak sıralanabilir. Ayrıca orman biyokütlesi terimi, bir orman ekosistemi içerisinde yaşayan organizmaların miktarını kütle olarak açıklamaktadır. Fakat uygulama amaçları için bu terim özellikle ağaç ve ağaççıkların yaşayan odunsu madde bileşenlerini içermektedir. Genellikle, bu çalışmada da olduğu gibi yalnız toprak yüzeyindeki bileşenler dikkate alınmaktadır. Eğer ormanlar biyokütle üretimi için işletilirse ilk önce, şimdiki ve gelecekteki kapasitelerinin tahmin edilmesi gerekir. Bu amaç için gerekli olan ilk koşul, her bir ağaç türü için ağırlık tablolarının düzenlenmesidir (Brown, 1982).

Ağaç bileşenlerinin biyokütle değerlerinin tahmin edilmesinde, ağacın en kolay ölçülebilen elemanı olan göğüs çapı değerlerinin, ağaç biyokütle yöntemlerinde önemli bir konumu vardır (Metheven, 1983). Bir ağaç ya da meşcerenin odun verimini daha iyi belirleyebilmek için, odun maddesinin hacmi gibi, ağırlığının da bilinmesi gerekir. Hacim gibi, ağırlık açısından da bir hektar sahanın verimi söz konusudur (Fırat, 1972).

Hacim tabloları alışılmış şekliyle, gövde odunu, kalın odun ya da ağaç hacim değerlerini verirken, bu durumu ile bir ağacın tüm ürünü olan biyokütlenin belirlenmesinde yetersiz kalmıştır. Yalnız ağaçların odun varlığının bilinmesi yeterli olmayıp, ayrıca ekosistem araştırması ve orman ekosistemi içerisindeki biyolojik ilişkilerin açıklanmasında, toprak üstü ve toprak altı üretiminin de bilinmesi gerekmektedir. Değişik meşcerelerin, ağaç türlerinin ve yetiştirme ortamlarının verim güçlerinin nitelendirilmesi ve kıyaslanmasında odun verileri tek başına yeterli ölçüde açıklayıcı olamamaktadırlar. Ayrıca yakın geçmiş kadar yalnız odun, çoğu yerde çoğu kez kabuksuz olarak geniş ölçüde kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen ana amaçların dışında evrensel boyutta izlenen hammadde kıtlığı ve yetersizliği de ormanların bütün kaynaklarının kapsamlı bir biçimde belirlenmesini zorunlu

kılmakta ve bu nedenle de ormanın en büyük biyokütle kaynağı olan ağaçların toplam kapasitelerinin kavranmasına karşı görülen ilgiyi sürekli artırmaktadır (Pellinen, 1985).

Tomruk ve ağaçlar için gittikçe artan bir önemle ağırlıkların bilinmesi gereği, dikili ağaçların odun ağırlıklarının tahmin edilmesi için yararlı olmaktadır. Bu amaçla ağaç ağırlık eşitlikleri ve ağırlık tabloları düzenlenmektedir. Yaş odun ağırlığı ve nem miktarı ölçülerek odunun fırın kurusu ağırlığı belirlenebilir. Nem miktarı ağaç türüne, yetiştirme ortamına, kesim zamanına, iklim koşullarına vb. bağlıdır. Ayrıca ağaç içerisinde gövdenin boyuna kesitinde alt bölümden üst bölümüne veya yatay kesitinde farklılık gösterir. Nem farklılıkları, ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da gözlenir. Bu nedenlerden dolayı, kuru ağırlık tabloları yaş ağırlık tablolarına kıyasla tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır (Loetsch, 1973).

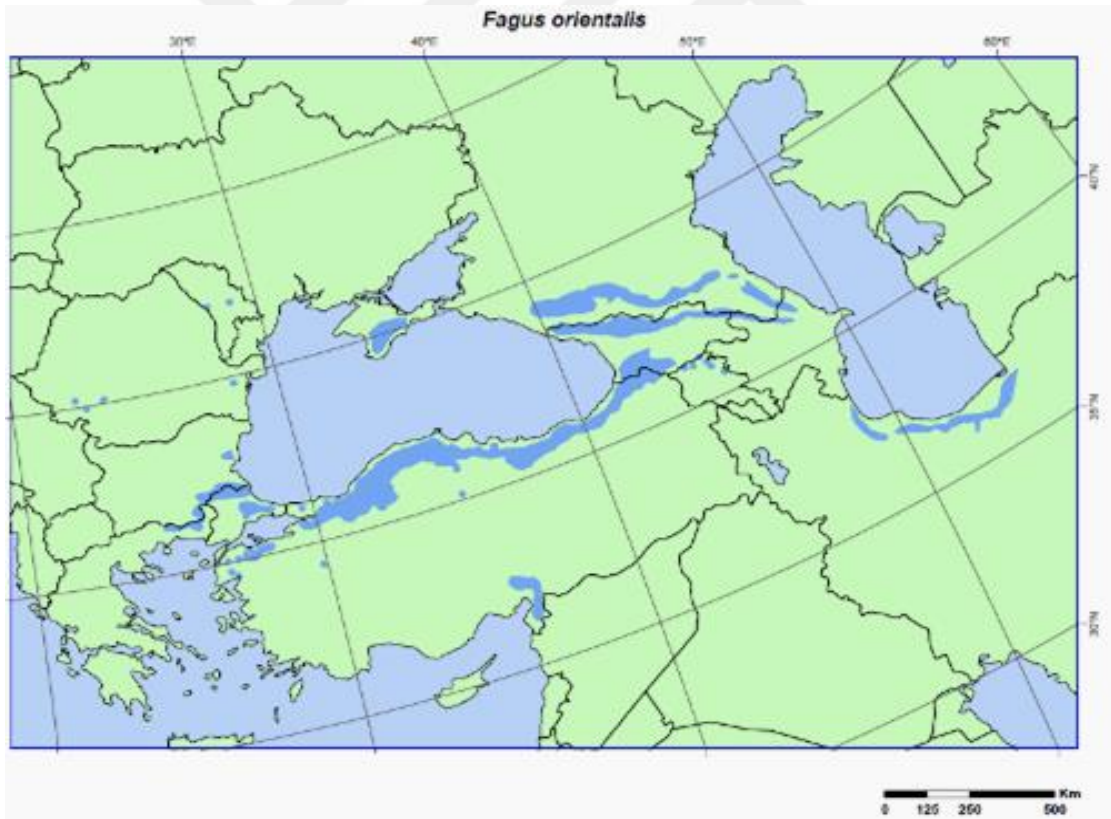
Türkiye'nin orman varlığı, 2004 yılı orman envanteri sonuçlarına göre 21.188.747 hektar olup toplam ülke yüzölçümünün % 27,2'sini kapsamaktadır. Orman alanlarının 15.439.594 ha'ı (% 73) koru ormanları, 5.749.152 ha'ı (% 27) baltalık ormanları ile kaplıdır. Ormanlarımızın 8.416.093 ha'ı (% 40) yapraklı ağaçlardan, 12.772.654 ha'ı (% 60) ibreli ağaçlardan oluşmaktadır (DPT, 2006).

Kayın, dünyada en çok alan kaplayan ilk 25 ağaç cinsi içerisinde altıncı sırada yer almaktadır (OGM, 2006). Ayrıca Kayın, kuzey yarımkürenin ılıman yapraklı ormanları içerisinde yayılış gösteren en yaygın ağaçtır (Fang ve Lechowicz, 2006). Ülkemizde ise yayılış gösterdiği alan bakımından yapraklı ağaçlar içerisinde ikinci sırada yer alan Doğu kayını asli ağaç türlerimiz arasında önemini korumaktadır. Ülkemizde 1.373.245 ha'ı normal ve 378.239 ha'ı bozuk olmak üzere toplam 1.751.484 ha alan kaplayan Doğu kayınının toplam orman alanları içerisindeki payı % 7'dir. Ayrıca ülkemizde endüstriyel odun üretiminde % 15'lik payı ile yapraklı ağaçlar içerisinde ilk sırada yer almaktadır (Konukçu, 2001).

Kayın odunu sert ve ağır olup çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Kolay yarılr, işlenmesi ve cilalanması kolaydır (Bozkurt ve Göker, 1996). Mobilya, parke, kaplama, kontrplak, ayakkabı kalıbı, oyuncak, ambalaj sandığı, alet sapları, ayakkabı topukları ve emprenye edilmek suretiyle demir yolu traversi üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca maden direği ve yakacak odun olarak da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996).

1.2. Kayın Ormanlarının Dünyadaki Yayılışı

Kayın, Kuzey Yarımkürenin ılıman iklim bölgelerinde yetişen yapraklı ağaç ormanları içerisinde en baskın ağaçlar arasında yer almaktadır (Peters ve Poulson, 1994; Fang ve Lechowicz, 2006). Kayın cinsinin Doğu Asya, Avrupa, Batı Asya ve Kuzey Amerika'da olmak üzere on esas tür ve iki alt türü olduğu bilinmektedir. *Fagus engleriana*, *F. longipetiolata*, *F. lucida* ve *F. hayatae* Çin'de; *F. crenata* ve *F. japonica* Japonya'da; *F. sylvatica* Avrupa'da, *F. orientalis* Anadolu, Kafkaslar ve Kuzey İran'da, *F. grandifolia* Kuzey Amerika'da yayılış göstermektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda Kore ötesinde küçük bir ada üzerinde yayılış gösteren *F. multinervis* ve Meksika'nın kuzeydoğu dağlarında yayılışını yapan *F. mexicana*'nin kabul görmüş iki yeni kayın türü olduğu belirtilmektedir (Yalırık ve Efe, 2000; Fang ve Lechowicz, 2006).

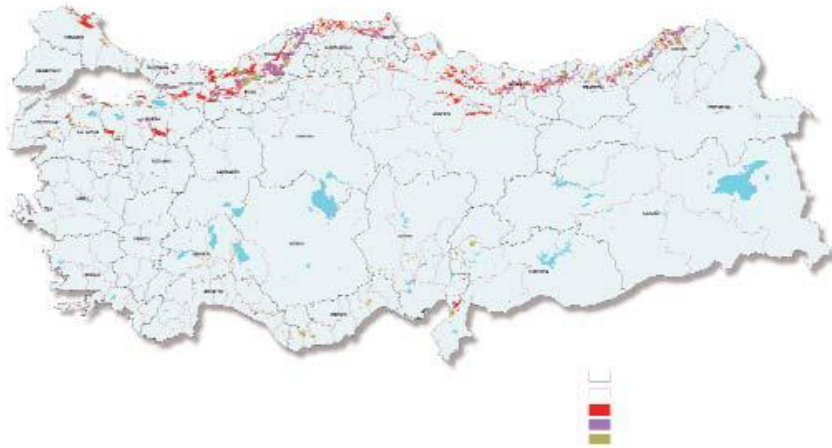


Şekil 3. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'nin Dünya'daki yayılışı (URL-2, 2011)

1.3. Kayın Ormanlarının Türkiye'deki Yayılışı

Fagaceae familyası içerisinde yer alan Kayın, Türkiye'de Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) olmak üzere iki türle temsil edilmektedir. Ülkemizde en geniş yayılışa Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) sahip bulunmaktadır (Atalay, 1992). Ülkemizde Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.)'nın Demirköy, Bayramiç-Çanakkale, Kazdağları, Edremit, Simav depresyonunun kuzeye bakan yamaçlarında ve Yıldız (Istranca) Dağlarında Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanları içinde yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Atalay, 1992; Aydınöz, 2008).

Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), batıda Balkanlardan başlayarak Anadolu, Kafkasya, Elbruz dağlarının kuzey kesimi ve Karadeniz kuzeyinde Kırım yarımadasına kadar uzanmaktadır. Ülkemizde Trakya'da Istranca dağı, Tekirdağ ve Belgrad ormanı, Ege ve Marmara havzasında, Kuzey Anadolu'da oldukça büyük bir yayılış göstermektedir. Ayrıca güneyde Adana'nın Pos Ormanlarında, Amanos dağlarının kuzeyinde, Maraş-Andırın kesiminde yerel olarak yayılmaktadır (Saatçioğlu, 1969; Kayacık, 1981, Atalay, 1992; Yılmaz, 2010). Genel olarak en uygun yetişme alanı 700/800 – 1100/1200 m 'ler arasında olmasına rağmen Doğu Karadeniz Bölgesinde 1800-1900 m yükseltilere kadar yayılış gösterebilmektedir (Anşin, 1983; Atalay, 1992; Genç, 2004). Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'nın Türkiye'deki yayılış alanları, Şekil 4'de ayrıntılı olarak belirtilmektedir (Anonim 2015).



Şekil 4. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'nin Türkiye'deki yayılışı (Anonim 2015)

1.4. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) nın Dendrolojik Özellikleri

Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), 30-40 m'ye kadar boy, 1 m'nin üzerinde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Kabuk; açık kül renkli, ince ve düzgündür. Genç sürgünleri tüylüdür. Yapraklar; elips şeklinde, sivri, uzun veya kısa uçlu olup 6-12 cm uzunluğundadır. Yaprakların alt yüzü damar boyunca tüylü, diğer kısımları çıplaktır. 7-10 çift yan damarı vardır. Yaprak sapı, 5-15 mm uzunluğunda olup tüylüdür. Kupula, yaklaşık 2 cm boyundadır. Kupulanın dip kısmında yer alan pullar geniş şerit biçimindedir. Erkek çiçeklerde yaprak koltuklarından çıkıp küresel başçıklar şeklinde aşağıya sarkarlar. Meyve; üç köşeli, kahverengi, yumurtamsı biçiminde olup tek tohum taşıyan bir nustur. Meyvesinin tohumu yağlıdır. Çiçeklenme, Nisan ayında olup yapraklanma da aynı aya rastlamaktadır (Kayacık,1981; Yaltırık,1988; Anşin ve Özkan, 1997).

1.5. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) nın Makroskobik Özellikleri

Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun diri odun ve öz odunu arasında renk farkı yoktur. Sağlıklı bireylerin odunları sarımsı beyaz, beyaz-krem, pembemsi ve kırmızımsı renktedir. Radyal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halinde olan özışınları çıplak gözle görülebilmektedir. Kalın özışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Bazı odunlarda taç şeklinde ya da daire şeklinde yalancı özodunu oluşumu görülür. Yıllık halka genişliği yetiştirme ortamına göre değişir (Bozkurt ve Erdin, 2000; Merev, 2003).

1.6. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) nın Mikroskobik Özellikleri

Odunu dağınık traheli olup yıllık halkalar belirgindir. Fakat ilkbahar ve yaz odunu sınırı belirgin değildir. Yaz odunu traheleri ilkbahar odunu trahelerine göre küçük boyutludur ve tek tek dağılır. Trahelerin enine kesitleri köşelidir. Perforasyon tablası, ilkbahar odunu trahe hücrelerinde basit; yaz odunu trahe hücrelerinde merdiven şeklindedir. Kenarlı geçitler, daire şeklinde ve almaçlı ya da elips şeklinde ve karşılıklıdır. Boyuna paranzim, apotraheal-kesik zincir şeklindedir. Özışınları, üniseri ve mültiseri homoselüler

özışını şeklidir (Homojen Tip I). Özışınları genellikle yatık hücrelerden oluşmuştur. Mültiseri özışınları, enine kesitte yıllık halka sınırında genişleyerek bir yay oluşturur. Bazı özışını hücreleri kalsiyum oksalat kristalleri içerir. Lif dokusu; libriform lifleri, traheit lifleri ve vasisentrik traheitlerden oluşur. Vasisentrik traheitler, ilkbahar odunu trahelerinin çevresinde bulunur (Merev, 2003).

1.7. Kayın Ormanlarının Ekolojik Özellikleri

Ekoloji, canlılar ile çevreleri arasındaki karşılıklı etki ve ilişkileri inceleyen bir bilim dalıdır. Orman ekolojisi ise orman ve ormanın yaşama ve gelişmesini sağlayan tüm faktörlerin oluşturduğu sistemi inceleyen ve bu sistemdeki karşılıklı etki ve ilişkileri araştıran bir bilim dalıdır. Orman ekolojisini etkileyen faktörler ise orman yetiştirme bölgelerindeki fizyografik (yükselti, bakı, eğim, yeryüzü şekli) faktörler, iklimik (ışık, sıcaklık, hava nemi, yağış, rüzgar) faktörler, edafik (toprak özellikleri) faktörler ve biyotik (insan, hayvan, bitki ve mikroorganizmalar) faktörlerdir (Çepel, 1995).

1.7.1. Kayın Ormanları ile Fizyografik Faktörler Arasındaki İlişkiler

Kayın ormanlarının yayılışını etkileyen jeomorfolojik özelliklerden en önemlileri denizden yükseklik, bakı ve eğimdir. Farklı bakılarda ışık, sıcaklık, yağış ve buharlaşma gibi iklim faktörlerinin etkisi değişmekte ve buna bağlı olarak da değişik yetiştirme ortamları oluşmaktadır (Irmak,1966; Atalay,1983; Eşen, 2000). Kayın ormanları, vejetasyon mevsimi boyunca sis alan dağların kuzey yamaçlarında, gölgeli bakılarda daha çok yayılış göstermektedir. Sis güneye döndüğü yamaçlarda ve sis alan güney yamaçların üst kesimlerinde de kayın ormanları bulunmaktadır (Atalay,1983; OAE, 1985; Atalay, 1992; Çolak ve Rotherham, 2006).

Kayının en elverişli şartlarda yetişmesi için sıcaklığın belli bir miktar azalması ve yağışın artması gerekmektedir. Bu şartlar, denizden yükseklik ile ilgili olmaktadır (Atalay, 1992). Yükseltinin artması ile sıcaklık, nisbi nem-su buharı oranı azalır ve yağış, buharlaşma ve radyasyon şiddeti artmaktadır (Irmak, 1966; Atalay, 1983). Kayın ormanları, yayılış alanlarında 150-200 m'ye inebilmekte ve 1200 m'ye kadar çoğu kez 1800 m'ye kadar çıkabilmektedir. Genellikle 1600 m'den sonra kayının karışım oranı azalmakta ve yerini iğne

yapraklı ağaçlara (gökmar ve ladin) bırakmaktadır (İrmak, 1966; Atalay, 1983; Anşin, 1983; OAE, 1985; Atalay, 1992).

Kayın meşçereleri, köklerin durgun sudan kaçınması ve iyi drenajlı, havalanabilir toprak istemesi nedeniyle genellikle çok eğimli (%18-36) ve dik (%36-58) yamaçlarda bulunmaktadır (OAE,1985).

1.7.2. Kayın Ormanları ile Klimatik Faktörler Arasındaki İlişkiler

Her bitki türünün istediği sıcaklık şartları birbirinden farklıdır. Kayınların yayılış gösterdiği alanların yıllık ortalama sıcaklığı 6-14 °C arasında değişmektedir. En yüksek sıcaklık +40 °C, en düşük sıcaklık -20 °C altına kadar düşmektedir. Optimum yetiştirme ortamlarındaki yıllık ortalama sıcaklık 6-8 °C arasında olup kış döneminde -4, -5 °C, yaz döneminde ise 15 °C'nin üzerinde olmaktadır (Atalay, 1992). Kayın, belirli bir hava rutubetini sever ve aşırı kurak yerlerde yetişmez. Don ve kuraklığa karşı dayanıksızdır. Kayın gençliği, özellikle ilkbahar donlarından zarar görür (Genç, 2004). Doğu kayınının sıcaklık isteği Avrupa kayınına göre daha yüksektir (Saatçioğlu 1969; Kayacık 1981). Yıllık ortalama yağışın 600 mm olduğu kayın orman alanlarında bu değer, 2000 mm'nin üzerine kadar çıkmaktadır. Karla yağışlı günler 45-60 gün arasında olup en uygun yetiştirme alanlarında yılın Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları tamamen karla kaplı geçmektedir (Atalay, 1992).

Her bitki türünün en iyi şekilde yetiştiği, "optimum ışık şartı" olarak bilinen bir ışık ihtiyacı vardır (Gerçek, 1988). En uygun yetiştirme alanlarında sisli, bulutlu ve kapalı gün sayısının fazla olması kayınların bir gölge ağacı olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Saatçioğlu 1969; Çepel, 1978; Atalay, 1992). Bu özelliği, kayının ekolojisinin en karakteristik yönüdür.

Bu iklim şartlarına göre kayın ormanları; nemli, az ılıman-serin, yaz mevsiminde bulutlu-sisli şartların hâkim olduğu ortamlarda yetişmektedir (Atalay, 1992).

1.7.3. Kayın Ormanları ile Edafik Faktörler Arasındaki İlişkiler

Kayın, orta derecede rutubetli, besin maddelerince zengin, drenajı iyi toprakları sever. Killi ve kireçli topraklarda yetişebilir. Yayılış alanlarında çeşitli ana taş ve ana materyaller bulunabilmektedir. Kum taşı, granit, phyllit ve kalker gibi taşları içeren topraklar üzerinde

de büyüyebilir. Yapılan araştırmalarda kayının yayılış gösterdiği bölgelerde toprak tekstürünün çoğunlukla kumlu balçık, killi balçık, balçık ve balçıklı kil olduğu belirtilmektedir (Saatçioğlu 1969; OAE,1985). Genellikle orta derinlikteki topraklar üzerinde yayılış gösterir (Genç, 2004). Bununla birlikte kayın ormanlarının yayılış alanlarındaki topraklar, orta ve çok şiddetli derecede asit reaksiyon (pH 4.5-6.0) gösterdiği için kayınlar, genel olarak asit reaksiyon gösteren topraklar üzerinde de yetişebilmektedir (Atalay, 1992).

1.7.4. Kayın Ormanları ile Biyotik Faktörler Arasındaki İlişkiler

Kayınlar, optimum yetişme ortamlarında genellikle saf meşçereler oluşturmalarına rağmen meşe, göknar, sarıçam, karaçam ve ladinle karışık meşçereler oluşturabilmektedir. Ormanın alt tabakasında bulunan çalı katında çoğunlukla ormangülü (*Rhododendron ponticum*), Orta Karadeniz bölümünde çoğunlukla sarıçiçekli orman gülü (*Rhododendron luteum*), laz kirazı veya karayemiş (*Laurocerasus officinalis*), böğürtlen (*Rubus sp.*), çobanpüskülü (*Ilex aquifolium*) bulunmaktadır. Çalı katındaki diğer ağaç, ağaççık ve yüksek boylu otsular ise üvez (*Sorbus torminalis*), porsuk (*Taxus baccata*), mürverler (*Sambucus nigra*, *Sambucus ebulus*), çöplemecik (*Helloborus orientalis*), Dağ çileği (*Fragaria vesca*), Galdirik (Giresun) veya Tomara(Trabzon) (*Trachystemon orientalis*), Büyük çiçekli binbirdelik otu (*Hypercium calycinum*)'dur. Kayın ormanlarına katılan en önemli ve yaygın ağaççık, ormangülü (*Rhododendron ponticum*, *Rhododendron luteum*, *Rhododendron smirnovii*, *Rhododendron caucasicum*)'dür. Ormangülleri genel olarak tüm kayın sahalarında görülmektedir. Ormangüllerinin hızlı yayılma yeteneği göstermesi nedeniyle kayın tohumlarının çimlenme yeteneği güçleşmektedir. Ayrıca kayın tohumunun ağacın dibine ve yakın çevresine düşmesi, tohumların domuz, fare ve kuşlar tarafından yenilmesi kayınların gençleşme yeteneğini engellemektedir (OAE, 1985; Atalay, 1992).

1.7.5. Literatür Özeti

Kayına ilişkin ilk hacim tablosunu 1804 yılında düzenleyen araştırmacının H. Von Cotta olduğu bilinmektedir. Cotta' nın konu ile ilgili görüşü özetle, “ Bir ağacın hacmi; çapı, boyu

ve şekline bağlıdır. Bir ağacın hacmi tam olarak belirlenmiş ise, bu hacim benzer çap, boy ve şekilde olan bütün ağaçlar için geçerlidir.” biçiminde belirtilmiştir (Saraçoğlu, 1988).

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 çam (*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), bir çok ağaç türünün oluşturduğu geniş alan üzerine yayılan ormanlarda toprak üstü biyokütle özelliklerini araştırmıştır (Doucet vd., (1976).

Maclean-Wein (1976), Kanada’nın New Brunswick eyaletinin kuzey doğusunda yer alan ve birçok kez yangın geçirdikten sonra 8 ağaç türünün oluşturduğu geniş saf ormanların toprak üstü (kök hariç) ağaç biyokütle özelliklerini araştırmışlardır.

Sun ve diğ. (1976), steppe geçiş yörelerindeki Sarıçam meşcerelerinde gövde, dal, ibre ve tüm ağacın yaş/fırın kurusu ağırlıklarını göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ve boyuna bağlı olarak kestiren doğrusal ilişkileri ve öğelerin hektardaki yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını orta ağaç yöntemiyle belirlemişlerdir.

Ablan vd. (1978), Kuzey Mineşota’da çok ince kumlu balçık toprağı üzerinde yetişen 40 yaşındaki çam, ladin ve titrek kavak meşcereleri üzerinde yaptıkları araştırmaları ile toplam ağaç biyokütlesi ile besin maddesi (P, K, Ca, Mg) ilişkilerini saptamıştır.

Laar ve Lill (1978), Güney Amerika’nın Jonkershoek Eyalet Ormanındaki 29 yaşındaki *Pinus radiata* D. Don ormanlarında yaptıkları çalışmada toprak üstü biyokütlenin 184 ton/ha olduğunu ve bunun % 89’luk kısmının gövde odunu ve kalan % 11’lik kısmın dal ve ibre olduğunu belirlemişlerdir.

Odedwald ve Yaussy (1980), ABD’nin Virginia eyaletinde kırmızı meşe, beyaz meşe ve akçağaçların gövde odunu yaş ve kuru ağırlık tabloları düzenlenmiştir.

Sun ve diğ. (1980), Antalya Bük Araştırma ormanında Kızılaçam'da yaptıkları araştırmalarda Orta Ağaç Yöntemi ile tek ağaç ve hektardaki bileşenlerin yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını tahmin etmek için eşitlikler geliştirmişler.

Sizuki ve Tagawa (1983), Japonya'nın Ishigaki adasındaki mangrow ormanlarının biyokütle özelliklerini araştırmışlardır.

Schrötter (1983), Kızılağaç (*Alnus incana* L. Moench)'ın silvikültürel ve hasılat özellikleri konularında araştırmalar yapmış ve çift girişli gövde hacim tablosunu düzenlemiştir.

Sharma ve Srivastava (1984), Hindistan Tamil Nadu Bölgesindeki değişik yaştaki (3, 5, 9, 11 yaş) *Pinus patula* plantasyonlarındaki toplam biyokütleyi araştırmışlar ve toplam biyokütlenin % 82 ile % 87 oranında toprak üstünde olduğunu % 13 ile % 18'lik kısmının toprak altında olduğunu belirlemişlerdir. İlgili çalışmada toplam biyokütlenin 9 ton (3 yaşındaki meşcere) ile 194 ton (9 yaşındaki meşcerede) arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Değişik faktörler toprak üstü biyokütleyi etkilemektedir. Bunlardan önemlileri; meşcere yaşı ve sıklığı, yağış, sıcaklık, enlem derecesi, fizyografik etmenleri (yükselti, eğim, bakı, reliyef) ve toprak etmenleridir. Nadelhoffer ve Ark. (1985) Amerika'nın Ilıman Bölge Ormanlarında yaptıkları çalışmalarda toprak üstü biyokütlenin topraktaki azot miktarındaki artış ile arttığını belirtmektedirler.

Biyokütle olarak doğal baltalıklar ile ilgili araştırmalar yapılmış Kızılağaç biyokütle tablolarını 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), kızılağaç biyokütle tablolarını 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 (1992), "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 (1997), 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 gökmarlarının farklı bir yaş üstünlüğüne sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılan çalışmada bozuk Uludağ gökmarı-Doğu kayını karışık meşcrelerinde tohum ağaçları yetersiz olduğundan ya da hiç bulunmadığından dolayı gençleştirmenin dikim ile yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Kayın ve Gökmar dondan zarar gördüğü için yüksek rakımlarda açık alanlara dikilmesinden kaçınılmalıdır.

Atıcı (1998), 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 tabloları düzenlenerek verilmiştir.

Carus (1998), 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 optimum 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 tablosu, bonitet dereceleri ve bir çift girişli (çap, boy) gövde hacim tabloları da yapılmıştır. Gövde hacim tablosu yapılırken; kabuklu göğüs çapı, boy ve kabuklu hacimlerden yararlanarak, istatistik yöntemle bulunan hacim regresyon denklemi, birçok model içerisinde seçilen OGAYA'nın modeli olmuştur. $V=d^2*(a_0+a_1*h)$

Durkaya (1998), 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 yani gelişen meşcerelerin yapısal değişimleri ile yaş ve biyokütle arasındaki ilişkiler karşılaştırılmıştır.

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

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

Y=Toplam toprak üstü biyokütlesi (kg)

X=Çap(toprak seviyesindeki) (cm)

İkinci (2002), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki Kestane meşcerelerinin biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi konusunda bir çalışma yapmıştır.

Gerwing ve Farias (2002), Doğu Amazon Ormanları'nda farklı yükseklikteki üç ayrı meşcere yapısına ait en az 25m'lik alanlarda yaptığı çalışmada toplam biyokütle değerini tahmin etmiştir. Elde ettikleri verileri yaprak alan indeksi LAI ile ilişkilendirerek çıkan sonuçları belirtmişlerdir.

Özkaya (2004), Artvin Genya dağı yöresi doğu ladini ormanlarında toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi konusunda araştırma yapmış ve doğu ladini meşcerelerinde toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi amacıyla denklem geliştirmiştir.

Sakıcı, O.Emre., Ercanlı, İ., Kahriman, A. (2004), Klasik biyokütle tahmin yöntemleri ve yaklaşımlar konulu çalışmada, biyolojik enerji kaynaklarının temelini oluşturan ormanlardaki biyokütle miktarının belirlenmesinde kullanılan klasik yöntemler ile son yıllarda üzerinde birçok sayıda araştırma yapılan uzaktan algılama yöntemleri tanıtılmış ve bu yöntemlerin birbirine olan üstünlükleri tartışılmıştır. Özellikle orman alanlarındaki toplam biyokütle miktarının belirlenmesinde uzaktan algılama teknikleri ile yapılacak tahminlerin diğer yöntemlere göre daha pratik olduğu belirtilmiştir.

Yılmaz (2005), Doğu Karadeniz Bölümü saf Doğu kayını ekosistemlerinde kimi ortam etmenlerinin kayının gelişimine (verimliliğine) etkileri üzerine yapmış olduğu çalışmasında Ordu-Akkuş, Trabzon-Rize ve Artvin yörelerine ilişkin sonuçlar birlikte sorgulandığında örnek alanların verimlilik indeksi ile A ve B katmanlarının kalınlığı, mutlak toprak derinliği, birim hacimdeki ince toprak miktarı, toprakların yüzde kil ve toz miktarları arasında pozitif, yükselti, birim hacimdeki taşlılık miktarı, toprakların kum (%) miktarı ve toprak örneklerinin Ca^{++} (me/100gr) miktarı ile negatif ilişkiler bulunmuştur.

Yılmaz (2005), 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.

Gelişen teknoloji ile beraber biyokütle hesaplamalarında hava fotoğrafları da kullanılır olmuştur. Hall vd. (2006), Kanada'nın güneyinde yer alan Alberta ormanlarında yaptıkları

çalışmada, uydu görüntüsü verisi (Landsat 7 ETM) kullanarak istatistiki hesaplar doğrultusunda toplam biyokütle ve meşcere hacmi bilgilerine ulaşmıştır. Kuzey Finlandiya’da yaptıkları çalışmada farklı çözünürlüklere sahip ASTER ve MODİS uydu görüntüleri kullanarak regresyon modelleme yöntemiyle meşcere hacmi ve toplam biyokütle bilgilerine ulaşmıştır (Muukkonen ve Heiskanen 2006).

Çakıl (2008), Karaçam meşcerelerinin orta ağaç yöntemi kullanılarak biyokütle tabloları düzenlenmiş, Zonguldak bölgesi karaçam ormanlarının tek ağaç ve hektardaki yaş ve fırın kurusu ağırlık değerleri belirlenmiştir.

Durkaya, B., Durkaya, A. (2008), Türkiye toprak üstü tek ağaç ve meşcere biyokütle tabloları konulu çalışmasında, Türkiye’de bu güne kadar düzenlenmiş ağırlık tablolarının 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 tablolarının genel düzenlenme yöntemine de değinilmiştir.

Güney (2009), Doğu kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky.) ülkemizdeki doğal yayılış alanları içerisindeki popülasyonlarında genetik varyasyonları morfolojik olarak belirlemek amacıyla 11 doğal popülasyona ait bazı tohum, fidan ve yaprak özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla her popülasyondan ortalama 20 ağaç olmak üzere toplam 225 ağaçtan tohumlar toplanmıştır. Elde edilen verilerle, SPSS istatistik paket programı ile varyans analizi yapılarak, gerek tohum gerekse fidana ilişkin ölçülen karakterler bakımından popülasyonlar içinde ve arasında genetik varyasyonların olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ölçülen karakterlerin birçoğu bakımından popülasyonlar içerisindeki varyasyonun, popülasyonlar arasındaki varyasyondan daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Aydın (2010), 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.

Doğan (2010), Düzce yöresinde yetişen Uludağ göknarının çapa bağlı biyokütle denklemi ile diri odun yaprak yüzey alanı ilişkisini araştırmıştır.

Ülker (2010), Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki sarıçam meşcerelerinin tek ağaç biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla yaptığı çalışmada belirlenen denklemler kullanılarak örnek alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarı saptanmıştır. Tek ağaçta bir gövde biyokütlesinin 11,48 – 1581,92 kg, dal biyokütlesinin 2,34 – 347,53 kg, ibre biyokütlesinin 2,81 – 197,08 kg, tüm ağaç biyokütlesinin ise 12,66 – 1788,05 kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Hektardaki gövde biyokütlesi 42 – 267 ton, dal biyokütlesi 4 – 175 ton, ibre biyokütlesi 4,4 – 65 ton, tüm ağacın biyokütlesinin ise 51 – 287 ton arasında değiştiği belirlenmiştir.

Ülküdür (2010), Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sedir meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi amaçlı çalışmada tek girişli ağırlık tabloları oluşturmak amacıyla, göğüs çapı-bileşenlerin ağırlık değerleri ilişkiye getirilmiş ve ilişkiyi en iyi yansıtan modeller saptanmıştır. Çift girişli ağırlık tabloları oluşturmak için, göğüs çapı ve boyu ile bileşenlerin ağırlık değerleri ilişkiye getirilmiş ve ilişkileri en iyi yansıtan modeller seçilmiştir.

Yağcı (2010), Hopa Cankurtaran mevkiindeki sık ve seyrek yetiştirilen ve ilk aralama çağına gelen doğu kayını meşcerelerinin biyokütle özelliklerini belirlemeye yönelik araştırma sonunda, toplam biyokütle sık yetiştirilen kayın meşcerelerinde 20,98 ton/ha, seyrek yetiştirilen meşcerelerde 22,95 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Toplam depolanan karbon miktarı ise sık yetiştirilen meşcerelerde 8,76 ton/ha, seyrek meşcerelerde 9,40 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Toprak üstü biyokütle miktarında toplam değerler birbirine yakın olmalarına rağmen sık yetiştirilen meşcerelerde biyokütlenin ince çap kademelerinde (0-10 cm), seyrek yetiştirilen meşcerelerde ise kalın çap kademelerinde (10-20 cm) biriktiği görülmüştür. Yine aynı çalışmada, kayın dikim sahalarında 2500 adet/ha fidanın kullanılmasının biyokütle ve gövde kalitesi bakımından yeterli olacağı sonucuna varılmıştır.

Karabürk (2011), Bartın ili içerisindeki Uludağ göknarı meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla gerçekleştirmiş olduğu çalışmada göğüs çapı-bileşenlerin ağırlık değerleri ile ilişkiye getirilmiş ve ilişkiyi en iyi yansıtan modeller saptanmıştır. Çift girişli ağırlık tabloları oluşturmak için, göğüs çapı ve boyu ile ağaç bileşenlerinin ağırlık değerleri ilişkiye getirilmiş ve ilişkileri en iyi yansıtan model seçilmiştir.

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

Özçelik, R., Eraslan, T., (2011), Ağaç biyokütlesinin tahmini için iki aşamalı örnekleme konulu çalışmada; bir ağacın toprak üstü biyokütle miktarının tarafsız olarak tahmini için bir alt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, tesadüfi dal örnekleme (RBS) ve önem örnekleme (IS) olmak üzere iki aşamadan oluşmuştur. Önerilen iki aşamalı örnekleme metodu, özellikle ağaç gövdesinin biyokütle miktarının tahmininde, dal biyokütlesinin tahminine göre daha başarılı olmuştur.

Güvendi (2013), saf doğu kayını (*Fagus orientalis* lipsky.) ormanlarının ekolojik tabanlı idare sürelerinin belirlenmesi (Sinop-Ayancık-Türkeli örneği) adlı çalışmada, ülkemiz ormanlarının % 9’unu, Sinop Orman Bölge Müdürlüğü ormanlarının ise % 23.2’sini kaplayan asli ağaç türlerimizden olan saf doğu kayını meşcerelerinde ekolojik tabanlı mutlak idare sürelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Pehlivan (2014), Türkiye’deki bitkisel kütle çalışmalarını değerlendirme adına yapmış olduğu çalışmada, günümüze kadar, Türkiye’de orman ekosistemlerinin sahip olduğu bitkisel kütle tahmin etmeye yönelik olarak yapılmış olan araştırmaların genel bir değerlendirmesini yaparak eksikliklerini ortaya koymaya ve bundan sonra yapılacak araştırmalar için önerilerde bulunmaya çalışmıştır.

Bayraktar (2015), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ‘nda yükseltiye bağlı olarak gaz değişimi, stomatal iletkenlik, elemental analiz, yaprak su potansiyeli, spesifik yaprak alanı ve klorofil içeriği gibi fizyolojik parametlerin değişimlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yükseltiye bağlı olarak fotosentez ve stomatal iletkenlikler arasında fark tespit edilmemiştir. Yaprak su potansiyeli, toplam klorofil içeriği, spesifik yaprak alanı ise istatistik anlamda farklılık göstermiştir.

Ormanlar atmosferdeki CO₂’i bağlayan en önemli ekosistemlerdir. Aynı zamanda ormansızlaşma adı verilen süreç ile de ormanlar CO₂ emisyon kaynağı da olabilmektedir. Bu nedenle ormanların depoladıkları ya da yıllık olarak biriktirdikleri karbon miktarlarının belirlenmesi son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Kyoto Protokolü’ne göre Ek 1 listesinde yer alan ülkeler her yıl düzenli olarak ormanlarda biriktirilen karbon miktarı ile diğer sektörlerden (tarım, endüstri, atık vb.) salınan karbon miktarlarını Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Sekreteriyasına sunmak zorundadır. Ülkemiz de

2006 yılından beri Ulusal Sera Gazı Envanteri olarak adlandırılan raporu BMİDÇS'ne göndermektedir. Ormanlarda ağaçlarda depolanan ya da yıllık olarak biriktirilen karbon miktarının hesaplanabilmesi için ağaçların bitkisel kütlelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tolunay (2009), tarafından sarıçamda yapılan bir çalışmada gövde biyokütlesinin, toplam biyokütlenin en önemli bölümünü oluşturduğu ifade edilmektedir. Buna bağlı olarak, karbonun depolandığı en önemli havuzun gövde odunu olduğu belirtilmektedir. Çalışmasında tek bir ağaç için toprak üstü karbonun % 70,2'sinin gövde odununda olduğu tespit edilmiştir (Pehlivan, 2014).

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 kütlelerinde ve % 3,90'ı ölü örtü ile ölü odundadır.

Macaroğlu (2011), Bartın yöresi karışık meşcerelerin biyokütle ve karbon depolama kapasitelerinin irdelenmesi konulu çalışmasının sonucunda Bartın ili içerisindeki 3 kapalı olan karışık meşcerelerin depoladıkları hektardaki biyokütle ve karbon miktarları tahmin edilmiştir.

Mısır, N., Mısır, M., ve Ülker, C., (2011), yaptıkları bir çalışmada sarıçam ormanlarının toprakaltı ve topraküstü biyokütle miktarı ve dolayısıyla karbon depolama kapasitesini belirlemeye çalışmışlardır.

Bülbül (2012), K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma ormanı saf ladin meşcerelerinin karbon depolama miktarlarının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmasında ormanların ekolojik fonksiyonları arasında yer alan karbon depolama kapasitesinin araştırma ormanı için belirlenip orman amenajman planlarına aktarılması amaçlanmıştır. Ülkemizde halihazırda sarıçam gibi sınırlı sayıda ağaç türüne ait her biyokütle bileşeni için ayrı ayrı geliştirilen biyokütle denklemleri, araştırma ormanındaki saf Ladin meşcereleri için oluşturulmuştur. Ayrıca bu meşcerelerde tutulan karbon miktarı da belirlenmiştir.

Biyokütle ve karbon depolama çalışmalarında, çalışma zorluğu bakımından sıkça ihmal edilen bileşenlerinden biri kök kütleleri ve köklerde depolanan karbondur. Oysa toprak üstünde bitkiler sadece ışık için rekabet ederken, toprak altında su ve yirmiye yakın bitki

besin elementi için rekabet halindedirler (Casper and Jackson, 1997). Dolayısıyla bitkilerin büyümesi üzerine toprak altı etmenlerin etkisi toprak üstü etmenlerden daha çok olmaktadır.

Ülkemizde gerek çayır ve gerekse orman ekosistemlerinde toprak üstü biyokütle ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Okatan, 1986; Saraçoğlu, 1992, Özkaya, 2004); ancak toprak altı biyokütleyle dönük çalışmalar az sayıdadır (Tüfekçioğlu ve Ark., 2001; Tüfekçioğlu ve Ark., 2004). Bunda köklerle ilgili çalışmaların zor ve çok zaman alıcı olması büyük etkindir. Ülkemizde Kantarcı (1973) orman ağaçlarının kök profillerinin açılmasıyla ilgili araştırmasında kök derinliğinin toprak türü, toprak geçirgenliği ve taban suyu ile yakından ilgili olduğunu belirtmektedir.



2. ARAŞTIRMA SAHASININ GENEL TANITIMI

2.1. Konum Özellikleri

Araştırma, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Sinop ili-Türkeli ilçesi sınırları içinde bulunan saf doğu kayını ormanlarında gerçekleştirilmiştir.

Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü 45.834,3 ha büyüklüğünde olup 5 işletme şefliğine sahip bulunmaktadır. Türkeli Orman işletme Müdürlüğü'nün kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü, güneyinde Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü, batısında ise Çatalzeytin Orman İşletme Müdürlüğü bulunmaktadır. Bu İşletme Müdürlüğü sınırları içinde kalan çalışma alanı 41°44'42''- 41°57'54'' Kuzey Enlemleri, 34°16'25''- 34°23'32'' Doğu Boyamları arasında yer almaktadır. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 55 adet örnek alanın koordinatları, yükseltileri ve bakılara göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

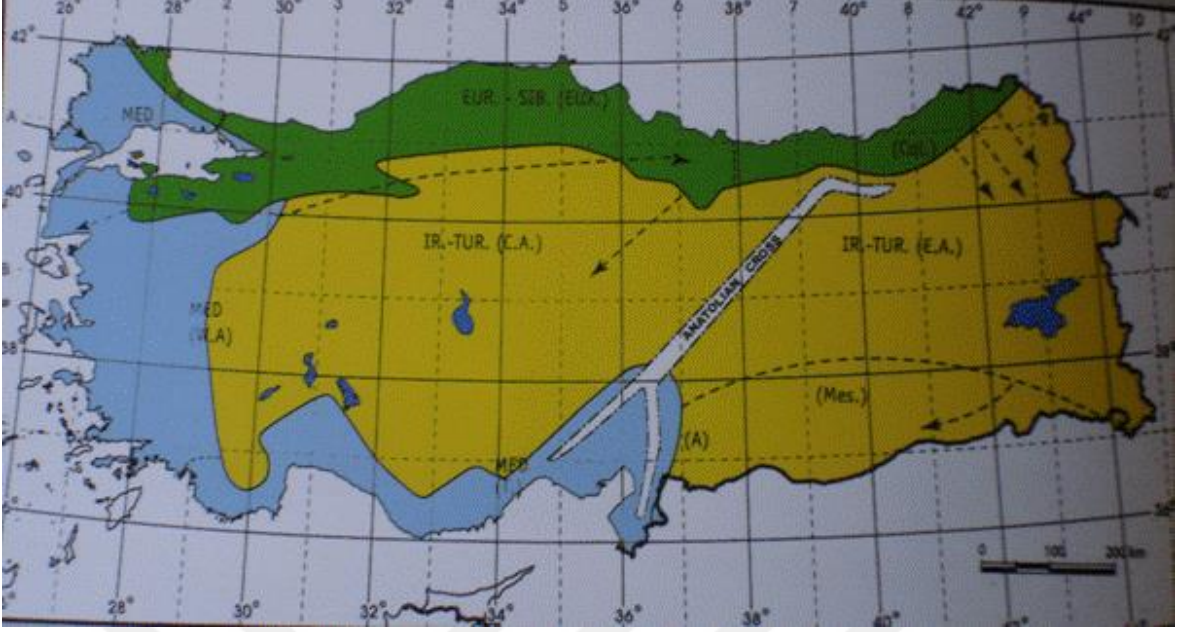


Şekil 5. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü Haritası (ölçek 1/500.000)

Tablo 1. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan örnek alanların koordinat, yükselti ve bakıları

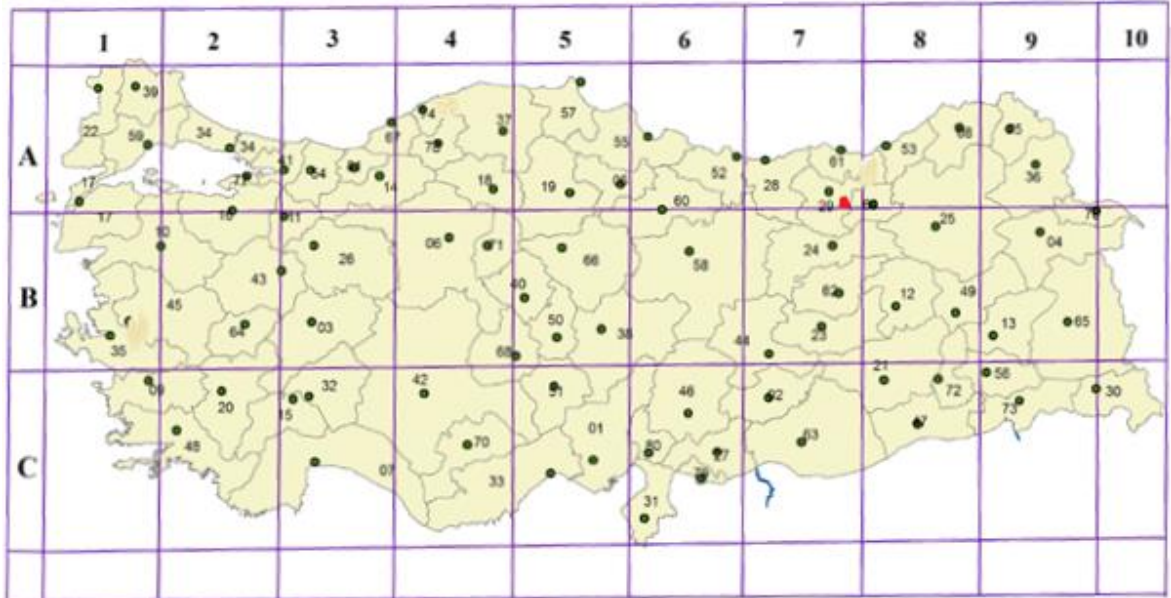
Örnek alan no	x	y	Yükselti (metre)	Bakı Grubu	Örnek alan no	x	y	Yükselti (metre)	Bakı Grubu
1	612564	4629611	990	K	31	624508	4641845	410	G
2	612970	4628370	1100	K	32	624623	4641864	435	K
3	612774	4629192	1012	G	33	624610	4641566	500	G
4	615713	4634136	975	G	34	623592	4641586	450	G
5	615332	4634157	990	K	35	623599	4641880	360	G
6	615028	4633365	1040	G	36	623278	4641956	350	K
7	614338	4633365	712	K	37	623176	4641656	440	K
8	615000	4632674	770	G	38	622990	4641943	335	K
9	616590	4632263	930	G	39	622995	4641651	450	K
10	616059	4631675	872	K	40	622711	4641904	330	K
11	616562	4631720	915	K	41	622223	4642053	310	G
12	616719	4631556	940	K	42	622423	4641661	400	G
13	615616	4631610	860	K	43	621882	4642035	300	G
14	611866	4626218	1140	G	44	621952	4641706	410	G
15	612007	4626459	1165	G	45	623356	4641737	375	G
16	612146	4626745	1182	G	46	623589	4641496	490	G
17	612095	4627094	1170	G	47	611248	4629423	780	K
18	611807	4627513	1140	K	48	611352	4630025	750	K
19	611499	4627561	1075	K	49	610727	4629577	780	G
20	611401	4627732	1005	K	50	610606	4630079	770	G
21	611886	4627031	1090	G	51	610237	4630315	790	G
22	614311	4627415	770	G	52	612330	4633007	650	K
23	614075	4627096	790	G	53	612137	4633312	750	K
24	619753	4629219	670	G	54	612247	4632715	610	K
25	619837	4629470	660	G	55	611703	4632630	650	K
26	620591	4629528	760	K					
27	620767	4629236	750	K					
28	623951	4641842	375	K					
29	624028	4641571	460	K					
30	624307	4641696	390	K					

Araştırma alanı Türkiye'nin 3 büyük bitki örtüsü (flora) alanından Euro-Siberian (Avrupa-Sibirya) bitki (flora) bölgesinin Euxine (Öksin) kesiminde yer almaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Türkiye Büyük Flora Bölgelerini gösteren harita

Ayrıca araştırma alanı Davis'in "Türkiye Florası" adlı eserinde Türkiye için hazırlanmış olduğu karelej sistemine göre A5 karesinin içerisinde yer almaktadır. (Şekil 7)



Şekil 7. Araştırma Alanını Gösteren Davis Karelej Sistemi Haritası

2.2. İklim Özellikleri

Bitki toplumlarının tür bileşiminde ve bu türlerin yayılışında iklim özellikleri en önemli yetiştirme ortamı faktörlerinden biridir. Araştırma alanının tamamı Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. Belirlenmiş araştırma alanının bulunduğu arazilerin iklim özellikleri kendi içerisinde ayrı ayrı olarak değerlendirilmiş, her bir yükselti kuşağı için iklim tipleri belirlenmiştir. Batı Karadeniz bölgesinde iklim özelliklerinin yükselti ve bakı farklarına göre değişimini sağlıklı bir şekilde inceleyebilmek için yeterli sayıda meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Bunun için araştırma alanlarına en yakın olan meteoroloji istasyonlarının gözlemleri ve ölçüm değerleri alınarak gerekli iklim değerlendirmeleri yapılmıştır.

Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan araştırma alanlarına en yakın meteoroloji istasyonu Türkeli'nde (50 m.) bulunmaktadır. Araştırmamızda bu istasyona ait iklim verileri temel veri olarak kullanılmıştır.

Sinop, Batı Karadeniz iklim özelliklerinin iç içe geçtiği bir yörededir. İlde mevsimler arası sıcaklık farkları pek büyük değildir. Sinop'ta, yıl boyunca esen sürekli rüzgârlar, etkili olmaktadır. Yazın birkaç gün dışında, bütün yıl nemli ve yağışlı geçer. Sinop'un kuzey kesiminde Karadeniz iklim tipi egemendir, güney kesimlerinde ise kıyıya koşut olarak uzanan dağlar nedeniyle, Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmaktadır. Bu bölgede yağışlar azalır, sıcaklık düşer, bozkır ikliminin etkileri görülmeye başlar. Sinop'ta başlıca iki iklim karakteri hakimdir. Sahil kuşağında yer alan Merkez, Dikmen, Gerze, Erfelek, Ayancık ve Türkeli ilçelerinde iklim mutedildir. Yılın her mevsiminde yağış görülür. Dağların kıyıya paralel olması nedeniyle deniz iklimi içerilere pek giremez. Bu nedenle Boyabat, Durağan ve Saraydüzü İlçelerinde Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'nun karasal iklimi arasında bir geçit bölgesi iklimi hakimdir. Sahil şeridinde ortalama yıllık yağış miktarı 680 – 927 mm. Yağışlı gün sayısı 97- 128 arasındadır. Bugüne kadar yapılan ölçümler dikkate alındığında en yüksek sıcaklık 39,0 °C, en düşük sıcaklık -9,8 °C olarak tespit edilmiştir.

2.3. İklim Tipi

Meteoroloji İstasyonu ölçüm değerlerinden yararlanılarak araştırma alanının iklim tipinin belirlenmesinde; Thornthwaite (1955), Erinç (1984) ve Kantarcı (1980)

yöntemlerinden faydalanılmıştır. Thornthwaite yöntemi, yağış müesseriyeti ile birlikte toprağın nemlilik derecesi, yüzeysel akış ve su ihtiyacı gibi çok önemli hususları ortaya koymaktadır. Bu yöntemde Thornthwaite tarafından geliştirilen formül kullanılmıştır. Bu formül,

$$I_m = 100s - 60d/n \text{ olup burada,}$$

I_m : Kuraklık indisi

s : Yıllık su fazlası

d : Aylık su noksanının yıllık toplamı

n : Potansiyel evapotranspirasyonun yıllık toplamıdır.

Thornthwaite yöntemine göre; araştırma alanının her bir yükselti basamağı için yapılan hesaplamalarda yöntemdeki “ toprakta depolanabilen su miktarı (Depo FSK : mm)” 100 mm olarak alınmıştır.

Thornthwaite yöntemine göre her bir 200 m’lik yükselti basamağı içinde kalan araştırma alanı ortalama yükseltileri için su bilançosu değerleri hesaplanmıştır.

Erinç’ e (1984) göre ise iklim tipi;

$I_m = P / T_{om}$ formül yardımıyla belirlenmiştir.

I_m : Yağış etkinliği indisi

P : Yıllık ortalama yağış (mm)

T_{om} : Yıllık ortalama yüksek sıcaklık (°C)

Kantarıcı (1980) ise, Erinç (1984) formülünde yaptığı bir düzenleme ile aynı formüldeki yıllık ortalama yağış yerine gerçek evapotranspirasyonun (GET) yıllık değerini koyarak iklim tipini buna göre değerlendirmiştir.

2.3.1. 400-600 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi

Çalışma alanında 400-600 m yükselti arasında yer alan örnek alanların ortalama yükseltisi (405 m.) için Thornthwaite yöntemine göre iklim analizinde Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su noksanı görülmektedir.

Tablo 2. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükselti 405 m İçin Su Bilançosu

Bilanço elemanları		A Y L A R												Yıllık Ort.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	°C	4,7	4,3	4,9	9,0	12,8	17,8	20,3	20,3	17,2	12,9	9,6	6,1	11,7
Sıcaklık indisi	i	0,9	0,8	1,0	2,4	4,2	6,8	8,3	8,3	6,5	4,2	2,7	1,4	47,5
Düzeltilmemiş PE	mm.	15,8	14,1	16,6	35,4	54,8	82,6	97,2	97,2	79,1	55,3	38,3	21,8	
Güneşlenme süresine göre PE		0,82	0,83	1,03	1,11	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79	
Düzeltilmiş PE	PET	13,0	11,7	17,1	39,4	69,1	104,5	124,1	115,7	82,1	52,8	31,4	17,3	678,2
Yağış	y	78,2	37,2	43,1	36,7	77,9	58,2	54,7	53,0	77,6	164,1	125,3	97,2	903,2
Depo Değiş.	Dd	-	-	-	-2,7	2,7	-46,3	-53,7	-	-	100,0	-	-	
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	97,3	100,0	53,7	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0
Gerçek Ev-Tr	GET	13,0	11,7	17,1	39,4	69,1	104,5	108,4	53,0	77,6	52,8	31,4	17,3	595,4
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	15,7	62,7	4,5	-	-	-	82,8
Su Fazlası	Sf	65,2	25,5	26,0	-	6,1	-	-	-	-	11,3	93,9	79,9	307,8
Yüzeysel Akış	Yü1	72,6	45,3	25,7	13,0	3,1	3,1	-	-	-	5,6	52,6	86,9	307,8
“ “	Yü2	65,1	45,3	35,6	17,8	12,0	6,0	3,0	1,5	0,7	6,0	49,9	64,9	307,8
Nemlilik Oranı	Ne	5,0	2,2	1,5	-0,1	0,1	-0,4	-0,6	-0,5	-0,1	2,1	3,0	4,6	
Günlük PET		0,4	0,4	0,6	1,3	2,2	3,5	4,0	3,7	2,7	1,7	1,0	0,6	1,8
Kurak Gün Sayısı								3,9	16,8	1,6				22,4
Kuraklık indisi $I_n=12*GET/To_m$						52,8	60,9	56,1	27,2	45,0	39,4			23,4
Su Bilançosu (D.KANTARCI)	mm	Su noksanı var												-20,3
D.Kantarcı (İklim)						N.	Ç.N	Ç.N	Y.N	N.	Y.N			Y.N
İklim Tipi		B1 B'1 r b'4 : Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim												
		Y: Yarı Ç: Çok T: Tam K: Kurak S: Serin N: Nemli												

Tablo 2 incelendiğinde, araştırma alanında (405 m için) “B1 B'1 r b'4” sembollerine gösterilen “Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim” tipinin hakim olduğu görülecektir.

Tablo 2'deki değerler dikkate alındığında araştırma alanında ortalama sıcaklık 11,7 °C dir. Yılın en sıcak ayları Haziran-Temmuz-Ağustos, en soğuk ayı Şubat ayıdır. Yıllık ortalama yağışın 903,2 mm olup ortalama yağışın maksimum 164.1mm ile Ekim ayında ulaşırken, en düşük değerine ise 36,7 mm ile Nisan ayında erişilmektedir. Yıllık ortalama yağışın 647,5 mm'si vejetasyon dönemi içerisinde düşerken, geriye kalan 255,7 mm'lik kısmı ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir. Bu bölgede yıl içerisinde 22 günlük bir kuraklığın varlığından söz etmek mümkündür.

Araştırma alanına düşen yağışların mevsimlere göre dağılışı incelendiğinde; en yüksek yağışlara 367 mm ile sonbaharda ulaşıldığı görülecektir. Bunu sırasıyla Kış (212,6 mm) Yaz (165,9 mm) ve İlkbahar (157,7 mm) mevsimlerinin takip ettiği anlaşılmaktadır.

Vejetasyon dönemi içerisinde meydana gelen GET miktarı 536,2 mm olup, geriye kalan 59,2 mm' lik bölüm ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir.

Kantarıcı'ya göre; Mayıs ayında Nemli, Haziran-Temmuz ayında Çok nemli, Ağustos ayında Yarı nemli, Eylül'de Nemli, Ekim ayında Yarı nemli iklimin bu bölgede hakim olduğu görülmektedir.

Erinç yöntemine göre, araştırma alanının (405 m) indis değeri "61,4" ve iklim tipi "Çok Nemli" olarak belirlenmiştir.

2.3.2. 600-800 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi

Çalışma alanında 600-800 m yükselti arasında yer alan örnek alanların ortalama yükseltisi (724 m.) için Thornthwaite yöntemine göre iklim analizinde sadece Ağustos ayında su noksanı görülmektedir.

Tablo 3. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükselti 724 m İçin Su Bilançosu

Bilanço elemanları		A Y L A R												Yıllık Ort.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	°C	3,1	2,7	3,3	7,4	11,2	16,2	18,7	18,7	15,6	11,3	8,0	4,5	10,1
Sıcaklık indisi	i	0,5	0,4	0,5	1,8	3,4	5,9	7,4	7,4	5,6	3,4	2,0	0,9	39,2
Düzeltilmemiş PE	mm.	12,3	10,5	13,2	32,5	51,7	78,1	91,7	91,7	74,9	52,2	35,5	18,7	
Güneşlenme süresine göre PE		0,82	0,83	1,03	1,11	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79	
Düzeltilmiş PE	PET	10,1	8,7	13,6	36,2	65,1	98,8	117,0	109,1	77,7	49,9	29,1	14,8	630,2
Yağış	y	90,7	43,1	50,0	42,5	90,3	67,4	63,4	61,4	90,0	190,2	145,2	112,6	1046,8
Depo Değiş.	Dd	-	-	-	-	-	-31,4	-53,6	-15,0	12,3	87,7	-	-	
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	68,6	15,0	-	12,3	100,0	100,0	100,0	100,0
Gerçek Ev-Tr	GE T	10,1	8,7	13,6	36,2	65,1	98,8	117,0	76,4	77,7	49,9	29,1	14,8	597,5
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	32,7	-	-	-	-	32,7
Su Fazlası	Sf	80,6	34,4	36,4	6,3	25,2	-	-	-	-	52,7	116,1	97,8	449,3
Yüzeysel Akış	Yü1	89,2	57,5	35,4	21,3	15,7	12,6	-	-	-	26,3	84,4	107,0	449,3
" "	Yü2	82,6	58,5	47,5	26,9	26,0	13,0	6,5	3,3	1,6	27,2	71,6	84,7	449,3
Nemlilik Oranı	Ne	8,0	3,9	2,7	0,2	0,4	-0,3	-0,5	-0,4	0,2	2,8	4,0	6,6	
Günlük PET		0,3	0,3	0,4	1,2	2,1	3,3	3,8	3,5	2,6	1,6	1,0	0,5	1,7
Kurak Gün Sayısı									9,3					9,3
Kuraklık indisi $I_n=12*GET/Tom$						55,4	62,4	65,0	42,0	48,8	41,3			26,2
Su Bilançosu (D.KANTARCI)	mm	Su noksanı yok												100,7
D.Kantarıcı (İklim)						Ç.N	Ç.N	Ç.N	N.	N.	N.			Y.N
İklim Tipi		B3 B'1 r b'4 : Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim												
		Y: Yarı Ç: Çok T: Tam K: Kurak S: Serin N: Nemli												

Tablo 3 incelendiğinde; Araştırma alanında (724 m için) “B3 B’1 r b’4” sembolleriyle gösterilen “Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim” tipinin hakim olduğu görülecektir.

Tablo 3’deki değerler dikkate alındığında araştırma alanında ortalama sıcaklık 10,1 °C dir. Yılın en sıcak ayları Haziran-Temmuz-Ağustos, en soğuk ayı Şubat ayıdır. Yıllık ortalama yağışın 1046,8 mm olup, ortalama yağışın maksimum değerine 190,2 mm ile Ekim ayında ulaşılırken, en düşük değerine ise 42,5 mm ile Nisan ayında erişilmektedir. Yıllık ortalama yağışın 562,7 mm’si vejetasyon dönemi içerisinde düşerken, geriye kalan 484,1 mm’lik kısmı ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir. Bu bölgede yıl içerisinde 9 günlük bir kuraklığın varlığından söz etmek mümkündür.

Araştırma alanına düşen yağışların mevsimlere göre dağılışı incelendiğinde; en yüksek yağışlara 425,4 mm ile sonbaharda ulaşıldığı görülecektir. Bunu sırasıyla kış (246,4 mm.), yaz (192,2 mm.) ve ilkbahar (182,8 mm.) mevsimlerinin takip ettiği anlaşılmaktadır.

Vejetasyon dönemi içerisinde meydana gelen GET miktarı 484,9 mm olup, geriye kalan 112,5 mm’lik bölüm ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir.

Kantarcı’ya göre; Mayıs-Haziran-Temmuz ayında Çok nemli, Ağustos-Eylül-Ekim ayında Nemli iklimin bu bölgede hakim olduğu görülmektedir.

Erinç yöntemine göre, araştırma alanının (724 m) indis değeri “79,9” ve iklim tipi “Çok Nemli” olarak belirlenmiştir.

2.3.3. 800-1000 m. Yükselti Basamağında Bulunan Örnek Alanlar İçin İklim Tipi

Çalışma alanında 800-1000 m yükselti arasında yer alan örnek alanların ortalama yükseltisi (982 m.) için Thornthwaite yöntemine göre iklim analizinde yılın hiçbir ayında su noksanı görülmemektedir.

Tablo 4. Thornthwaite Yöntemine Göre Ortalama Yükseltisi 982 m İçin Su Bilançosu

Bilanço elemanları		A Y L A R												Yıllık Ort.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	°C	1,8	1,4	2,0	6,1	9,9	14,9	17,4	17,4	14,3	10,0	6,7	3,2	8,8
Sıcaklık indisi	i	0,2	0,1	0,2	1,4	2,8	5,2	6,6	6,6	4,9	2,9	1,6	0,5	33,0
Düzeltilmemiş PE	m m.	8,6	6,6	9,6	30,0	49,3	74,9	87,8	87,8	71,8	49,8	33,0	15,5	
Güneşlenme süresine göre PE		0,82	0,83	1,03	1,11	1,26	1,27	1,28	1,19	1,04	0,95	0,82	0,79	
Düzeltilmiş PE	PE T	7,1	5,5	9,9	33,4	62,1	94,8	112,1	104,5	74,5	47,5	27,1	12,3	590,6
Yağış	y	100,7	47,9	55,5	47,2	100,3	74,9	70,4	68,2	100,0	211,3	161,3	125,1	1162,8
Depo Değiş.	Dd	-	-	-	-	-	-19,9	-41,7	-36,3	25,5	72,4	-	-	
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,1	38,4	2,1	27,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Gerçek Ev-Tr	GE T	7,1	5,5	9,9	33,4	62,1	94,8	112,1	104,5	74,5	47,5	27,1	12,3	590,6
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Su Fazlası	Sf	93,6	42,4	45,6	13,8	38,2	-	-	-	-	91,4	134,2	112,8	572,2
Yüzeysel Akış	Yü 1	103,2	68,0	44,0	29,7	26,0	19,1	-	-	-	45,7	112,8	123,5	572,2
“ “	Yü 2	97,7	70,0	57,8	35,8	37,0	18,5	9,3	4,6	2,3	46,9	90,6	101,7	572,2
Nemlilik Oranı	Ne	13,2	7,7	4,6	0,4	0,6	-0,2	-0,4	-0,3	0,3	3,4	5,0	9,2	
Günlük PET		0,2	0,2	0,3	1,1	2,0	3,2	3,6	3,4	2,5	1,5	0,9	0,4	1,6
Kurak Gün Sayısı														0,0
Kuraklık indisi İ _n =12*GET/Tom							64,3	66,3	61,2	50,2	43,2			23,8
Su Bilançosu (D.KANTARCI)	m m	Su noksanı yok												214,2
D.Kantarıcı (İklim)							Ç.N	Ç.N	Ç.N	N.	N.			Y.N
İklim Tipi		B4 B'1 r b'3 : Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim												
		Y: Yarı	Ç: Çok	T: Tam	K: Kurak	S: Serin	N: Nemli							

Tablo 4 incelendiğinde, araştırma alanında (982 m için) “B4 B'1 r b'3” sembolleriyle gösterilen “Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim” tipinin hakim olduğu görülecektir.

Tablo 4'deki değerler dikkate alındığında araştırma alanında ortalama sıcaklık 8,8 °C dir. Yılın en sıcak ayları Haziran-Temmuz-Ağustos, en soğuk ayı Şubat ayıdır. Yıllık ortalama yağışın 1162,8 mm olup, ortalama yağışın maksimum değerine 211,3 mm ile Ekim ayında ulaşılırken, en düşük değerine ise 47,2 mm ile Nisan ayında erişilmektedir. Yıllık ortalama yağışın 625,1 mm'si vejetasyon dönemi içerisinde düşerken, geriye kalan 537,7 mm'lik kısmı ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir. Bu bölgede yıl içerisinde herhangi bir kuraklığın varlığından söz etmek mümkün değildir.

Araştırma alanına düşen yağışların mevsimlere göre dağılışı incelendiğinde; en yüksek yağışlara 472,6 mm. İle sonbaharda ulaşıldığı görülecektir. Bunu sırasıyla kış (273,7 mm.), yaz (213,2 mm.) ve ilkbahar (203 mm.) mevsimlerinin takip ettiği anlaşılmaktadır.

Vejetasyon dönemi içerisinde meydana gelen GET miktarı 495,5 mm olup, geriye kalan 95,3 mm'lik bölüm ise vejetasyon dönemi dışında gerçekleşmektedir.

Kantarcı'ya göre; Haziran-Temmuz-Ağustos ayında Çok nemli, Eylül-Ekim ayında Nemli iklimin bu bölgede hakim olduğu görülmektedir.

Erinç yöntemine göre, araştırma alanının (982m) indis değeri "98,5" ve iklim tipi "Çok Nemli" olarak belirlenmiştir.

2.4. Topoğrafik ve Jeolojik Yapı

Sinop ili Erfelek-Ayancık arasında yer alan dar kıyı düzlükleri hariç, fizyografya denizden iç kısımlara doğru hemen yükselmektedir. Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan İsfendiyar Dağlarının doğu kısmı Sinop ilini boydan boya kaplamaktadır. Fazla yüksek olmayan bu dağ sırasının üzerinde yer yer yüksekliği 1500-1800 m arasında değişen tepeler ve doruklar yer almaktadır.

Sinop ili yakın ve uzak çevresinde üst kretase filiş serisi hakim formasyon olarak yüzeylenmektedir. İlin büyük bir kısmında zonal toprakları, küçük bir sahada ise intrazonal ve azonal topraklar hakim durumdadır (Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, 2008).

İsfendiyar (Küre) dağları, 3. Jeolojik zamanın başlarında meydana gelen Alp-Himalaya kıvrım kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu dağların en önemli özelliği genç ve yüksek olmalarıdır. Eski dağlar kadar aşınmaya pek uğramamışlardır. Sinop ili sınırları içinde dağlar, fazla yüksek olmamalarına karşılık iç bölgelerle kıyı kesimi arasında ulaşımda yıllarca zorluk ve güçlük çıkarmışlardır. İlin iç kısımlarla olan ilişkisinin sık ve devamlı olmamasından, gelişip büyümediğini görmekteyiz. Küre dağları yörenin engebeli arazisini meydana getirir. Kuzeybatı'da yükselen dağlar merkez sahillerine 9 km yaklaşınca alçalarak kıyı ovalarını meydana getirirler. Gerze sınırından itibaren tekrar yükselerek Bafra ovasına ulaşırlar.

Dağlar il arazisinin % 80'ini kaplar. En yüksek dağlar, Ayancık'ta Çangal (1605 m), Erfelek Dağı (1763 m), Zindan (1050 m), Gerze'de Elma ve Köse Dağları (900 m), Uzunören (850 m), Göktepe ve Soyuk (1200 m), Boyabat'ta Dranaz (1345 m), Alaca (900 m) ve Karaağaç (850 m) temsil etmektedir.

Dağlar arasında ve dağlarla sahil kesimi arasında kalan ovalar büyük düzlükler halindedir. En önemlileri Sinop ve Boyabat düzlükleridir. Boyabat ovasını; Gökırmak, Arım, Gazidere, Asarcık düzlük ve ova vadileri meydana getirmiştir. Sinop Ovası ise Erfelek,

Aksaz, Sarıkum kıyı düzlüklerinden oluşmuştur. Gerze yöresinde Çalvanlar Çayının meydana getirdiği Dereyeri, Güzelceçay boyunca uzanan vadi düzlükleri de kıyı ovalarına örnek gösterilebilir. Boyabat, Durağan yöresindeki Kızılırmak vadisinin dışında büyük vadiler yoktur. Akarsuların kendi adını verdikleri birçok küçük vadiler, aynı zamanda bölgenin arazi yapısı karakterini özetlemektedir.

Sinop'un Karadeniz kıyıları girintili ve çıkıntılı kıyılardır. Hopa'dan başlayan ve İstanbul Boğazında sona eren Karadeniz kıyılarının hiçbir yerinde Sinop'taki kadar koy ve körfezlerle korunmuş limanlara rastlanmaz.

Sinop kıyılarında, Köşk, Kayser, Karakum, Selamet, Boztepe, Sinop, Feryat, Bozburun, İnceburun, Güllüsu ve Usta adlarında birçok önemli burunlar bulunmaktadır. İnceburun aynı zamanda Anadolu'nun en kuzey noktasıdır.

Sinop kıyıları, Doğu Karadeniz kıyılarına oranla dik ve sarp değildir. Yalnız Ayancık kıyıları engebeli, inişli çıkışlıdır. Dağlar burada kıyıya paralel uzanmakla beraber, doğudaki kadar denize yakın değildir.

Bölgede temel yapıyı, paleozoik yaşlı metamorfik şistler teşkil ederler. Genel olarak ileri derecede metamorfize olmuş serisit, şist, 350°C'ye kadar kalkıştillerle temsil edilmiştir. Hakim renkleri açık sarı, koyu yeşildir. Boyabat ve Durağan ilçeleri civarında aflöre eden metamorfik seriler doğu ve güneybatı doğrultusunda geniş bir sahaya yayılır.

Sinop ilinin Stratigrafisi incelendiğinde; Tabanda Permo Triyas yaşlı Boyabat meteoritleri bulunmaktadır. Bunun üzerinde Jura yaşlı Akgöl ve Bürnük formasyonları bulunmaktadır. Akgöl formasyonu, kumtaşı, Miltaş ve Şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Bürnük formasyonu ise çakıltaşından oluşur. Devamında alt Kretase yaşlı inaltı formasyonu bulunur. Bu formasyon kireçtaşından oluşur. Üzerindeki Çağlayan formasyonu ise Marn, Şeyl, Kumtaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Bunların üzerinde sırasıyla Üst kretase yaşlı kapanboğazı formasyonu (Kireçtaşı) Yemişliçay formasyonu (Marn, Şeyl, Kumtaşı, Tof tofit), Hamsaros formasyonu (Aglomera, Lav, Tof) ve Görsökü Formasyonu (Marn, Şeyl, Kumtaşı, Kireçtaşı), bulunmaktadır. Daha üstte Paleosen yaşlı kireçtaşı, Şeyl, Marn ve Çamurtaşından oluşan Akveren formasyonu bulunur. Eosen yaşlı Atbaşı formasyonu (Kireçtaşı, Kumtaşı, Marn), Ayancık üyesi (Çamurtaşı) Kusuri Formasyonu (Kumtaşı, Marn), Sakızdağı formasyonu (Kumtaşı, Çamurtaşı, Çakıltaşı) sırasıyla gelmektedir. Daha sonra Miyosen yaşlı Sinop Formasyonu gelir. Kumtaşı, Kireçtaşı ve Marn'dan oluşur. Bunun üzerinde Pliyo kuaterner yaşlı Sarıkum Formasyonu bulunur. Gevşek tutturulmuş veya

tutturulmamış kumtaşı, çakıl ve kumdan meydana gelir (Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, 2008).

Kastamonu-Taşköprü ilçesi ile Hanönü ilçeleri Kuzeyinde Sinop-Ayancık arasında yer alan yörede Paleozoikten Tersiyere kadar geçen sürede oluşmuş tortul ve volkano-tortul kayaçlar görünür. İzlenen kayaçlar ve özellikleri aşağıdaki gibidir:

Metamorfik Kayaçlar: En yaşlı kayaçları olup temeli oluştururlar. Üst Paleozoyik-Triyan yaşlı olan bu temel kayaçlar şist, fillit, mermer ve metabazik kayaçlardan oluşur.

Gri, açık renkli, çok kırıklı, gevşek dokulu Metamorfik kayaçlardan ibarettir. Metamorfik kayaçlar Dogger yaşlı Granitoyitik kayaçlar tarafından kesilirler.

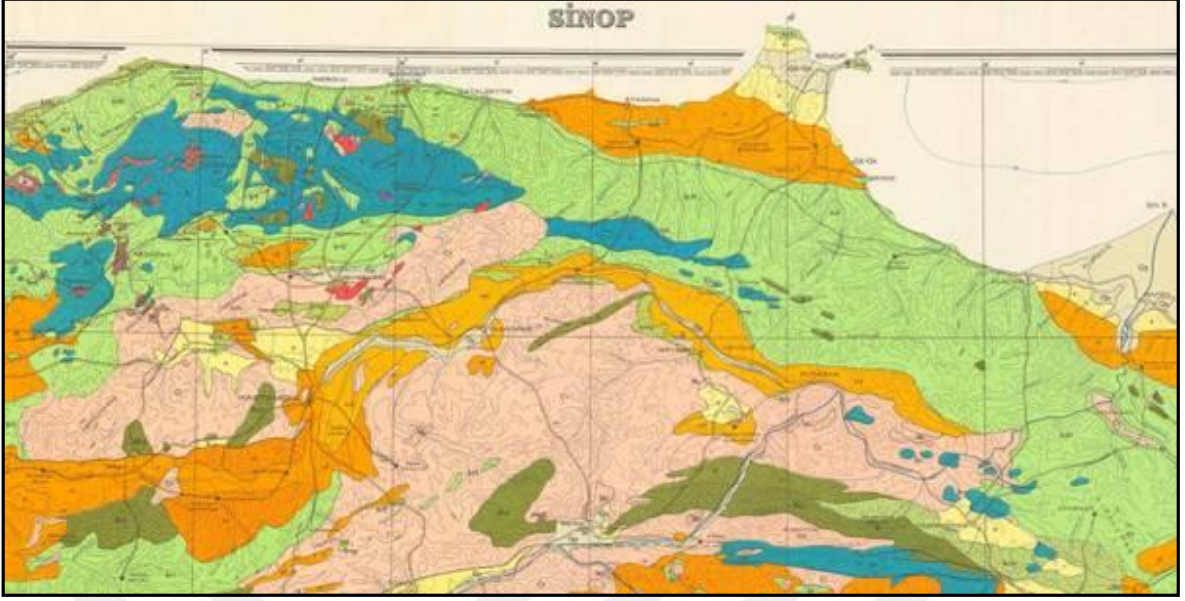
Granitoyitik Kayaçlar: Güneyinde Doğu-Batı doğrultusunda izlenirler. Grimsi, açık kahve renkli granit ve granodiyoritlerden oluşur. Dogger yaşlı granodiyoritler paleozoyik yaşlı metamorfikleri keserler.

Bazik ve Ultrabazik Kayaçlar: En Güneyinde dar bir alanda Doğu-Batı doğrultusunda yüzeye çıkmış kayaçlardır. Gri, koyu yeşil, siyahımsı renkli serpantin, dünit gabro, diyabaz türü kayaçlardan oluşur. Bu ofiyolitik kayaçların yerleşim yaşları üst kretasedir.

Neritik Kireçtaşı: Şistlere yakın konumda, onların üzerinde izlenirler. Grimsi-bej renkli, orta-kalın tabakalıdır. Kireçtaşları üst jura-alt kretase yaşlıdır.

Kırıntılı ve Karbonatlı Kayaçlar: Orta ve Güney kesimlerde oldukça geniş bir alanda görünür. Birimler tabakalı bir yapıda olup, kumlu, killi kireçtaşlarından oluşur. Orta ve ince tabakalıdır. Genel doğrultuları yaklaşık Doğu-Batı yönünde olup, 15°-35° Kuzeye doğru eğimlidirler. Alt kretase'den Eosen'e kadar süren süreçte birbirine benzer özellikte 4 ayrı fasiyesten oluşurlar. Bunlar;

- Alt kretase yaşlı
- Üst senoniyen yaşlı
- Üst kretase yaşlı ve
- Alt – orta Eosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaç topluluklarıdır.



Şekil 8. Sinop İli Jeoloji Haritası (1/500.000 ölçekli)

2.5. Bitki ve Orman Topluluklarının Çeşitleri

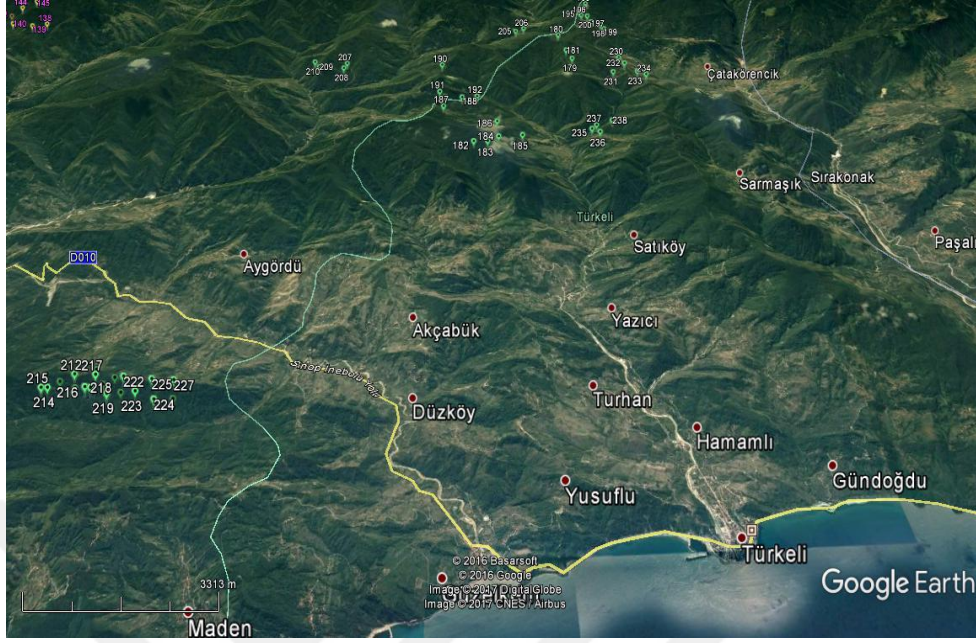
Ağaç türleri; Kızılcıam, Karaçam, Sarıçam, Sahilçamı, Gökmar, Ardıç, Kayın, Meşe türleri, Gürge, Yabani Kiraz türleri, Titrek kavak, Kızılağaç, Dişbudak, Akçaağaç türleri, Karaağaç, Kestane, İhlamur, Çınar, Söğüt, Üvez türleri olup bunu, Porsuk, Fındık türleri, Orman gülü, Yemişen, Çobanpüskülü, Yaban gülü, Karayemiş, Kızılcık gibi ağaçcık ve çalı türleri takip ederken alanda aynı zamanda Papaz külahu, Orman sarmaşığı, Eğrelti, Ahududu, Böğürtlen, Mürver türleri, Isırgan, Çilek, Sütleğen, Sığır kuyruğu, çayır üçgülü, Kantaron, Ökse otu, Siklamen, Muhtelif çayır otları bulunmaktadır.

2.6. Toprak Özellikleri

Örnek alanların herbirinden alınan 55 adet toprak profili ve 207 adet toprak örneği üzerinde yapılan inceleme ve analizler sonucunda; Araştırma sahasındaki topraklar çoğunlukla Balçıklı Kil ve Ağır Kil tekstüründe olup bunun yanısıra Killi Balçık, Balçık, Kumlu Killi Balçık, Kumlu Balçık, Kumlu Kil tekstüründeki topraklara da rastlanmaktadır.

Çalışma alanındaki meşcere tipleri incelendiğinde; seçilen örnek alanlar genellikle c, d, cd gelişim çağında ve 2-3 kapallığında olduğu gözlenmektedir.

Çalışma alanlarındaki verimlilik sınıfları incelendiğinde; seçilen örnek alanlar daha çok 2. ve 3. Verimlilik sınıfında olup 1. ve 4. Verimlilik sınıfına ait alanlar da bulunmaktadır.



Şekil 9. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 55 adet örnek noktaları gösteren harita (Ölçek: 1/100.000),(Google map).



Şekil 10. Araştırma alanlarındaki saf doğu kayını ormanlarından fotoğraflar

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak; Topoğrafik, amenajman, jeoloji ve meşcere tipleri haritaları ile meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. Ayrıca her bir örnek alan için belirlenmesi gereken bazı yetişme ortamı özellikleri (bakı, yükselti) için GPS (GARMIN-GPSmap 60CS* marka) aleti kullanılmıştır.

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

3.2. Yöntem

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

3.2.1. Hazırlık Çalışmaları

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

3.2.2. Arazi Çalışmaları

3.2.2.1. Deneme Alanlarının Nitelikleri ve Seçimi

Araştırma alanı 3 yükselti (400-600 m, 600-800 m ve 800-1000 m) kuşağına ve iki farklı bakı grubuna (GBG – KBG) ayrılmıştır. Her yükselti ve bakıdan hemen hemen eşit sayıda olacak şekilde deneme alanları seçilmiştir. Seçilen deneme alanları 400 m² büyüklüğündedir. Bu deneme alanları içerisine giren ağaçlardan deneme alanını temsil edebilecek özelliklere sahip ağaçlardan 1 adet kayın ağacı kesilmiştir. Doğu kayınının yayılış gösterdiği bu bölgede farklı yetiştirme ortamlarını görmek mümkündür. Bu yetiştirme ortamları içerisinde kayının optimum yetiştirme ortamlarına rastlandığı gibi, optimum yetiştirme ortamları dışındaki alanlara da rastlanmaktadır.

Araştırma kapsamında kesilen 55 adet kayın ağacının farklı bonitetleri temsil ettiği söylenebilir.



Şekil 11. Araştırma Alanının Genel Görünümü

3.2.2.2. Örnek Ağaçların Nitelikleri ve Seçimi

Deneme alanındaki örnek ağaçlar her çap sınıfını temsil edecek şekilde farklı çaplardaki ağaçlardan seçilmiştir. Deneme ağaçlarının canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli, sağlıklı ve dal budanmasını yapmış özellikteki bireylerden olmasına özen gösterilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Deneme alanı olarak seçilen kayın meşceresine ait bir görünüm

3.2.2.3. Kesit Örneklerinin Alınması

Tespit edilen örnek ağaçlar göğüs çapları ölçüldükten sonra toprak yüzeyine en yakın yerden kesilmiş ve boyları ölçülmüştür. Daha sonra kesilen ağaçların dalları gövdeden ayrılmış ve gövde üzerinde toprak seviyesinden başlayarak 0,30 m, 1,30 m ve 1,30 m den sonra 2'şer m ara ile gövde çapları ölçülüp, 5 cm kalınlığında enine kesitler alınmış ve yaş olarak ağırlıkları elektronik terazi ile tartılarak tespit edilmiştir (Şekil 13). Daha sonra

gövdeye ait tüm dalların dip çapları ve boyları ölçülmüştür. Ardından deneme ağacının gelişimini ve tepe yapısını temsil edecek şekilde örnek bir dal alınarak yaprakları ile birlikte tartılmıştır. Daha sonra alınan örnek dalın saf olarak dal ve yaprak yaş ağırlıkları ayrı ayrı belirlenmiştir. Ardından örnek dal odunundan 5 cm. lik bir kesit ve örnek dalın tüm yaprakları alınarak polietilen torbalara ve çuvallara konulup numaralandırılarak laboratuvara taşınmıştır.



Şekil 13. Örnek ağaçlardan alınan kesit örnekleri

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında yaş ağırlıkları ayrı ayrı belirlenen kabuklu gövde odunu, dal ve yaprak örnekleri polietilen torbalara ve çuvallara konularak laboratuvara getirilmiştir. Bu örnekler üzerinde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

3.2.3.1. Ağaç Biyokütlesinin Belirlenmesi

3.2.3.1.1. Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

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 (Şekil 14). Gövde hacimlendirilmesinde gövde üç bölüme ayrılmıştır. Dip kütük 0m-0,30m arasındaki bölüm olup, dip kütük çapı ($d_{0,30}$ m) ve yüksekliği (0,30 m) den yararlanarak silindir formülü ile hacimlendirilmiştir (Şekil 15). 0,30-2,30 m, 2,30-4,30 m, ... gibi dip kütükten tepeye kadar 2m uzunluğundaki seksiyonlar ise $d_{1,30}$, $d_{3,30}$, ... gibi seksiyon ortası çaplarından yararlanarak Huber (orta yüzey) 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.

Kuru ağırlıkların belirlenmesi için araziden laboratuvara getirilmiş gövde odunu kesitleri kurutma fırınına koyulmuş 65 °C'de 7 gün süre ile tam kuru duruma getirilmiş ve tartılarak her bir örneğin tam kuru ağırlığı tespit edilmiştir.



Şekil 14. Deneme alanını temsil eden örnek ağacın kesimi ve seksiyonlara ayrımı



Şekil 15. Örnek ağaçlardan alınan kesitlerin hacimlendirilmesi

3.2.3.1.2. Dal Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Her bir örnek ağacın canlı tüm dallarının taban çapları ve boyları ölçülerek koni biçiminde olduğu varsayılarak tüm dalların hacimleri hesaplanmıştır (Şekil 16). Daha sonra tüm dal hacimlerinin hepsi toplanarak örnek ağacın toplam dal hacmi bulunmuştur. Ardından dalların tümünü ve örnek ağacın gelişimini temsil edecek bir örnek dal seçilerek toplam ağırlığı hesaplanmıştır. Sonrasında alınan örnek dal yapraklarından temizlenerek saf yaprak ve dal ağırlıkları belirlenmiştir. Araziden laboratuvara getirilen dal örneklerinden alınan kesitler fırına konulmuş 65 °C’de 7 gün süre ile sabit ağırlığa getirilmiş ve tartılarak her bir örneğin tam kuru ağırlığı bulunmuştur.

Örnek dalın hacmi toplam dal hacmine oranlanıp, örnek dal yaş ağırlığı ile çarpılarak bir ağacın yaş dal ağırlığı, benzer biçimde örnek daldan alınan enine kesitin yaş ve kuru ağırlığı arasındaki oran değerinden yararlanarak da bir ağacın toplam dal kuru ağırlığı hesaplanmıştır.



Şekil 16. Örnek ağaçta ait dalların hacimlendirilmesi

3.2.3.1.3. Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kayın ağacının kabuklarının çok ince oluşu, yaşken gövdeden ayrılma zorluklarından dolayı ve en önemlisi de örneklerin kuru halde de hacimlendirilmesi yapılacağından, her bir ağaca ait kuru kabuk ağırlığı; Kuru kabuklu toplam gövde ağırlığı ile kuru kabuksuz toplam gövde ağırlığı arasındaki farktan yola çıkarak hesaplanmıştır.

3.2.3.1.4. Yaprak Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Arazide yaş ağırlıkları belirlenerek laboratuvara getirilmiş olan yaprak örnekleri kurutma fırınında 65°C’de 48 saatlik bir sürede tam kuru duruma getirilmiş ve tartılarak tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Örnek dala ait yaş yaprak ve dal ağırlığının belirlenmesi

Daha sonra örnek ağaca ait toplam yaş ve kuru ağırlıkların belirlenebilmesi için her bir örnek ağacın toplam yaş yaprak ağırlığından yararlanılmıştır. Ağacın dallanmasını temsil edecek şekilde seçilen örnek daldaki yaprak ağırlığı belirlenerek örnek ağacın toplam dal hacmi ile çarpılıp örnek dalın hacmine bölünmesiyle örnek ağaca ait toplam yaş yaprak

ağırlığı belirlenmiştir. Ardından örnek ağaca ait toplam yaş yaprak ağırlığı örnek dala ait kuru yaprak ağırlığı çarpılıp örnek dala ait yaş yaprak ağırlığına bölünerek örnek ağaca ait toplam kuru yaprak ağırlığı elde edilmiştir.

3.2.3.2. Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi

Her bir örnek ağaç için gövde ve tüm ağaç bileşenlerine ilişkin gerekli ölçümler tamamlandıktan sonra gövde, dal, kabuk ve yaprak örnekleri parçalanarak öğütmeye uygun hale getirilmiş ve bu örnekler KTÜ Orman Fakültesi Kâğıt Laboratuvarında öğütülerek toz haline getirilmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Örnek ağaca ait gövde ve tüm ağaç bileşenlerinin parçalanması ve öğütmeye uygun hale getirilmesi

Öğütme işleminin tamamlanmasından sonra ekosistem biyokütlesini oluşturan ağaç bileşenlerinde bulunan karbon miktarının belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Bunun için

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Laboratuvarı'nda bulunan LECO Truspec 2000 cihazından yararlanılarak kuru yakma metodu ile karbon tayinleri yapılmıştır (Şekil 19).



Şekil 19. Karbon tayin cihazı (LECO Truspec 2000)

3.2.3.3. İstatistik Yöntemler

Biyokütle çalışmalarında; birim alan yöntemi, orta ağaç yöntemi ve regresyon yöntemi olmak üzere üç değişik yöntem uygulanmaktadır. Birim alan yönteminde, meşcereyi temsilen seçilen yeterli büyüklükteki örnek alanlarda tüm ağaçlar kesilerek biyokütle analizi için gerekli ölçümler yapılmaktadır. Orta ağaç yönteminde ise meşcereyi temsilen seçilen örnek alanlarda orta çap değeri hesaplanarak, bu çaptaki ya da bu çapa en yakın bir ağaç kesilerek biyokütle analizi için gerekli ölçümler yapılmaktadır. Regresyon yönteminde ise meşceredeki çap ve boy dağılımı dikkate alınarak, hem çap hem de boy değişkenliğini yansıtabilecek biçimde örnek ağaçlar seçilerek bu ağaçlar üzerinde gerekli biyokütle ölçümleri yapılmaktadır. Güvenilirlik düzeyi bakımından birim alan yöntemi birinci sırada yer alırken, ikinci sırada orta ağaç yöntemi, üçüncü ve son sırada ise regresyon yöntemi yer

almaktadır. Pratiklik bakımından bir kıyaslama yapıldığında ise güvenilirliğin tersine, regresyon yöntemi ilk sırada, orta ağaç yöntemi ikinci sırada, birim alan yöntemi ise en az pratik yöntem olarak üçüncü ve son sırada yer almaktadır. Günümüzdeki biyokütle çalışmalarında ise diğer yöntemlere göre çok daha pratik olması nedeniyle regresyon yöntemi kullanılmaktadır (Günel, A.1981; Orman Hasılat Bilgisi, İ.Ü. Yayınları, basılmamış ders notları).

Ülkemizde şimdiye kadar çeşitli ağaç türleri için biyokütle çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda bazen sabit bir regresyon modeli esas alınırken, örneğin kızılâğaç türü için yapılan biyokütle çalışmasında olduğu gibi (Saraçaoğlu, 1988), bunun yanısıra özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda ise pek çok regresyon modeli test edilerek, bu modellerden verilere istatistiksel olarak en uygun olan regresyon denklemi bir istatistik paket program yardımıyla belirlenmektedir (Ülker, 2010).

Bu çalışmada, biyokütle ve karbon denklemlerinin elde edilmesinde regresyon yöntemi uygulanmış ve sabit bir denklem yerine SPSS adlı istatistik paket programdan (Version 21.0, KTÜ, Orman Fakültesi, Bilgisayar Laboratuvarı) çok sayıda regresyon modeli uygulanmış ve sonuç olarak bazı istatistiksel ölçütlere bağlı olarak verilere en uygun olan regresyon modelleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada, biyokütle ve karbon denklemlerinin elde edilmesinde regresyon yöntemi uygulanmış ve sabit bir denklem yerine çok sayıda regresyon modeli uygulanmış ve sonuç olarak bazı istatistiksel ölçütlere bağlı olarak verilere en uygun olan regresyon modelleri belirlenmiştir. Tek girişli bağımsız değişkenli modeller için, diğer bir anlatımla yalnız göğüs çapına bağlı biyokütle modellerinin oluşturulması için aşağıda matematiksel modelleri verilen denklemlerden yararlanılmıştır. Bu denklemlerden, $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlı bulunan regresyon modellerinden Belirtme Katsayısı (R^2) en yüksek olan model en uygun model olarak seçilmiştir. Bazı modellerin logaritmik dönüşümlerle oluşturulması nedeniyle standart hata değerleri ($Sy.x$) model seçiminde bir ölçüt olarak kullanılmamıştır.

Linear Model	$Y = b_0 + b_1 X$
--------------	-------------------

Quadratic Model	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$
-----------------	-----------------------------

Cubic Model	$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$
-------------	---------------------------------------

Invers Model	$Y = b_0 + b_1 \frac{1}{X}$
--------------	-----------------------------

Power Model	$Y = b_0 X^{b_1}$
S Model	$Y = \text{Exp}(b_0 + b_1 / X)$
Growth Model	$Y = e^{b_0 + b_1 X}$ veya $\ln y = b_0 + b_1 X$
Exponential Model	$Y = b_0 e^{b_1 X}$ veya $\ln y = \ln b_0 + b_1 X$
Compound Model	$Y = b_0 b_1^X$ veya $\ln y = \ln b_0 + X \ln b_1$

Çap ve boyun fonksiyonu olarak oluşturulacak biyokütle ve karbon denklemleri için ise yine SPSS/Analyze/Linear Regression seçenekleri kullanılarak, çap ve ağaç boyu ile bu iki değişkenden üretilmiş olan d^2 , h^2 , $1/d$, $1/h$, hd , d^2h , h^2d , h/d , d^2/h , h^2/d ve d^2h^2 değişkenleri birlikte kullanılarak, programda yer alan İleri Doğru Seçim (Forward Selection), Geriye Doğru Eleme (Backward Elimination) ve Adımsal Regresyon (Stepwise Regresyon) seçenekleri ile değişken elemeleri yapılarak, $p < 0.05$ önem düzeyi ile anlamlı olan değişkenler modelde yer almıştır.

Bu çalışma kapsamında tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$\text{Gövdekurua} = 377.343 - 39.431d_{1.3} + 1.346d_{1.3}^2$$

$$R^2=0.815 \text{ ve } S_{y.x}= 66.3 \text{ kg}$$

$$\text{Dalkurua} = \text{Exp}(6.03 - 49.412 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.332 \text{ ve } S_{y.x}= 0.61 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$\text{Yaprakkurua} = -2.647 + 0.415d_{1.3}$$

$$R^2=0.147 \text{ ve } S_{y.x}= 4.8 \text{ kg}$$

$$\text{Kabukkurua} = \text{Exp}(4.945 - 52.178 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.521 \text{ ve } S_{y.x}= 0.435 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$\text{Toplamkurua} = 154.151 - 20.662d_{1.3} + 1.113d_{1.3}^2$$

$$R^2=0.916 \text{ ve } S_{y.x}= 52.0 \text{ kg}$$

Çalışmada tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) ve boyu (h) arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Gövde(d, h) = -2418.2 + 102.1h + 13519.9 \frac{1}{h} + 755.1 \frac{h}{d} - 46.1 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.914 \quad Sy.x=46 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Dal(d, h) = 375.8 - 2550.9 \frac{1}{h} - 204.8 \frac{h}{d}$$

$$R^2=0.376 \quad Sy.x=36.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Yaprak(d, h) = -1.17 + 1.351h - 1.007 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.334 \quad Sy.x=4.3 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Kabuk(d, h) = -564.1 + 15.2h - 4730.9 \frac{1}{d} + 5614.7 \frac{1}{h} + 454 \frac{h}{d} - 11.4 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.549 \quad Sy.x=7.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Toprakustu(d, h) = -1925.8 + 76.7h + 7658.2 \frac{1}{d} + 8855 \frac{1}{h} + 0.467d^2 - 20.58 \frac{h^2}{d} - 0.000174 d^2 h^2$$

$$R^2=0.963 \quad Sy.x=36.1 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Yapılan çalışmada tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Govdekarbonu = 117.712 - 13.564d_{1.3} + 0.59d_{1.3}^2$$

$$(R^2=0.898 \quad Sy.x = 26.5 \text{ kg})$$

$$Dalkarbon = \text{Exp}(4.888 - 45.198 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.26 \text{ ve } Sy.x= 0.663 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Yaprakkarbonu = -3.399 + 0.37d_{1.3} - 0.004d_{1.3}^2$$

$$(R^2=0.152 \quad Sy.x = 2.2 \text{ kg})$$

$$Kabukkarbon = \text{Exp}(4.142 - 51.665 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.500 \text{ ve } Sy.x= 0.449 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Toprakustukarbonu = 0.057 d_{1.3}^{2.511}$$

$$R^2=0.901 \text{ ve } Sy.x= 0.167 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

Gerçekleştirilen çalışmada tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) ve boyu (h) arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Gövdec = -50.577 + 0.475hd - 0.136h^2$$

$$(R^2=0.942 \quad S_{y.x} = 19.9 \text{ kg})$$

$$Dalc = 142.127 - 990.65/h - 0.75393h/d$$

$$(R^2=0.298 \quad S_{y.x} = 16.5 \text{ kg})$$

$$Yaprakc = -0.6 + 0.634h - 0.473h^2 / d$$

$$(R^2=0.343 \quad S_{y.x} = 2,0 \text{ kg})$$

$$Kabukc = -15.569 + 1.849h - 0.804h^2 / d$$

$$(R^2=0.320 \quad S_{y.x} = 7.1 \text{ kg})$$

$$Topraküstic = 4.146 + 0.394d^2 - 51.4d^2 / h^2$$

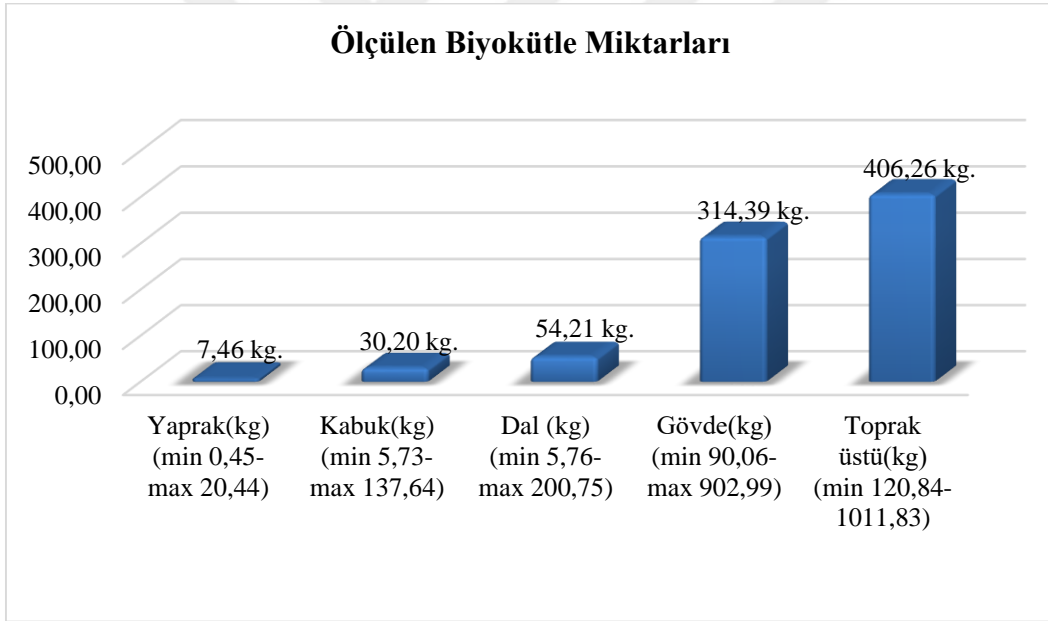
$$(R^2=0.913 \quad S_{y.x} = 29.1 \text{ kg})$$

4. BULGULAR

4.1. Ağaç Biyokütlesine İlişkin Bulgular

4.1.1. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarları

Çalışma kapsamında doğu kayını ağaç bileşenlerine ait ortalama biyokütle değeri tek ağaçta en yüksek 314,4 kg (90,065 kg-902,995 kg) ile gövde odununda tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla dal 54,2 kg (5,766 kg-200,752 kg), kabuk 30,2 kg (5,732 kg-137,647 kg) ve yaprak 7,46 kg (0,450 kg-20,447 kg) bileşenleri takip etmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Çalışma alanındaki örnek ağaç bileşenlerine ait ölçülen biyokütle miktarları

Çalışma kapsamında elde edilen ağaç biyokütlesine ilişkin veriler Ek Tablo 1' de detaylı olarak verilmiştir.

4.1.2. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Tahmin Edilen Biyokütle Miktarları ve Denklemleri

Kayın biyokütle denklemleri; dal, kabuk, gövde, yaprak ve tüm ağaç olmak üzere her bir bileşen için oluşturulmuştur.

4.1.2.1. Tek Ağaç Bileşenlerinin Kuru Ağırlıkları ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

4.1.2.1.1. Gövde Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Gövdeye ilişkin biyokütle denkleminin oluşturulmasında Tablo 5’de verilen model sonuçlarından yararlanılmıştır. Test edilen tüm gövde biyokütle denklemleri $p < 0.001$ önem düzeyinde anlamlı sonuçlar vermiştir.

Tablo 5. Gövde biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:gövde									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,760	168,217	1	53	,000	-426,687	27,610		
Logarithmic	,711	130,086	1	53	,000	-1,790E3	641,588		
Inverse	,650	98,316	1	53	,000	849,507	-1,415E4		
Quadratic	,815	114,497	2	52	,000	377,343	-39,431	1,346	
Cubic	,819	117,848	2	52	,000	75,712	,000	-,317	,023
Compound	,700	123,585	1	53	,000	11,570	1,125		
Power	,702	124,736	1	53	,000	,026	2,825		
S	,688	116,753	1	53	,000	8,059	-64,483		
Growth	,700	123,585	1	53	,000	2,448	,117		
Exponential	,700	123,585	1	53	,000	11,570	,117		

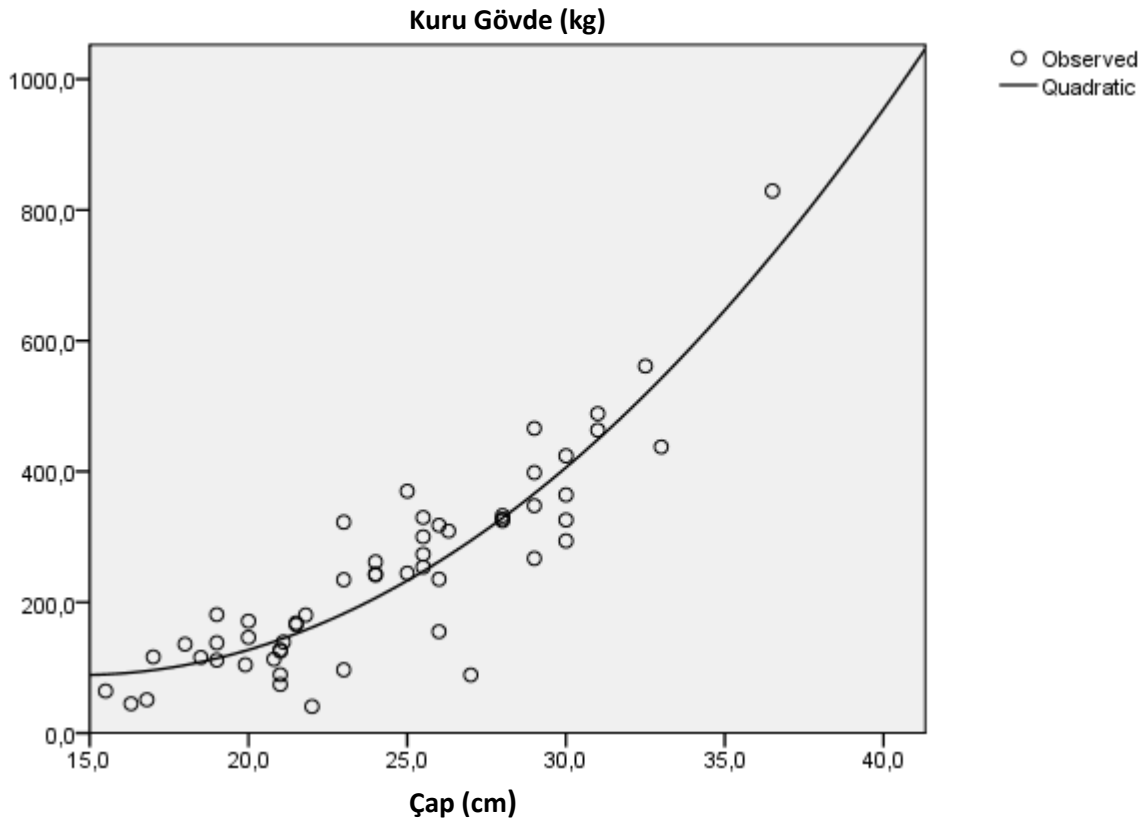
The independent variable is cap.

Regresyon denklemlerine ilişkin belirtme katsayısı değerleri incelendiğinde en yüksek değerle cubic model (üçüncü dereceden polinom model) ilk sırada yer alırken, quadratic model (ikinci dereceden polinom model) ikinci sırada ve linear model (doğrusal model) ise üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere uyum bakımından ilk iki sırayı alan cubic ve

quadratic modeller gerek belirtme katsayıları (0.917 ve 0.916) ve gerekse standart hata bakımından ($S_{y.x}$ kg) birbirlerine çok yakın olup, bir parametresi daha az olması nedeniyle pratik açıdan quadratic model tercih edilmiştir (Şekil 21).

$$Gövdekurua = 377.343 - 39.431d_{1,3} + 1.346d_{1,3}^2$$

$$R^2=0.815 \text{ ve } S_{y.x}= 66.3 \text{ kg}$$



Şekil 21. Göğüs çapı- gövde kuru ağırlığı ilişkisi

4.1.2.1.2. Dal Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

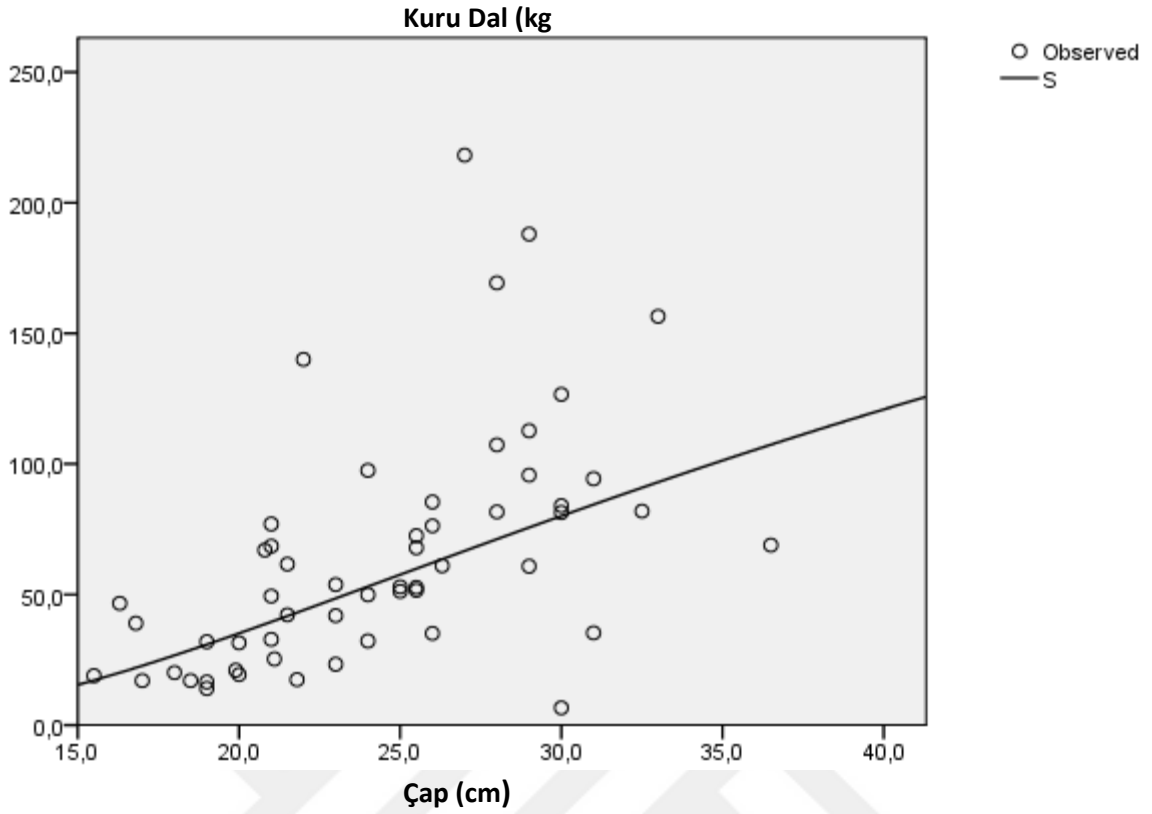
Dal biyokütlesi için oluşturulan regresyon denklemlerinin parametre değerleri Tablo 6' de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre S modeli 0.332, Power Model 0.326 ve Cubic Model ise 0.313 belirtme katsayısı değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere en iyi uyum gösteren fonksiyon S modeli tercih edilmiştir (Şekil 22).

$$Dalkurua = \text{Exp}(6.03 - 49.412 / d_{1,3})$$

$R^2=0.332$ ve $Sy.x= 0.61$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

Tablo 6. Dal biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:dal									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,292	21,816	1	53	,000	-61,179	5,159		
Logarithmic	,300	22,749	1	53	,000	-334,968	125,862		
Inverse	,298	22,484	1	53	,000	187,815	-2,890E3		
Quadratic	,309	11,648	2	52	,000	-199,787	16,716	-,232	
Cubic	,313	11,858	2	52	,000	-162,504	11,518	,000	-,003
Compound	,309	23,712	1	53	,000	6,208	1,090		
Power	,326	25,640	1	53	,000	,060	2,124		
S	,332	26,327	1	53	,000	6,030	-49,412		
Growth	,309	23,712	1	53	,000	1,826	,086		
Exponential	,309	23,712	1	53	,000	6,208	,086		
The independent variable is cap.									



Şekil 22. Göğüs çapı- dal kuru ağırlığı ilişkisi.

4.1.2.1.3. Yaprak Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Yaprak biyokütlesi için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 7’de verilmiştir. Test edilen regresyon denklemlerinden belirtme katsayısı değerlerine göre cubic model ilk sırada, quadratic model ikinci sırada ve linear model ise üçüncü sırada yer almakla birlikte, uyumluluk düzeyleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Pratik açıdan doğrusal model seçilmiştir (Şekil 23).

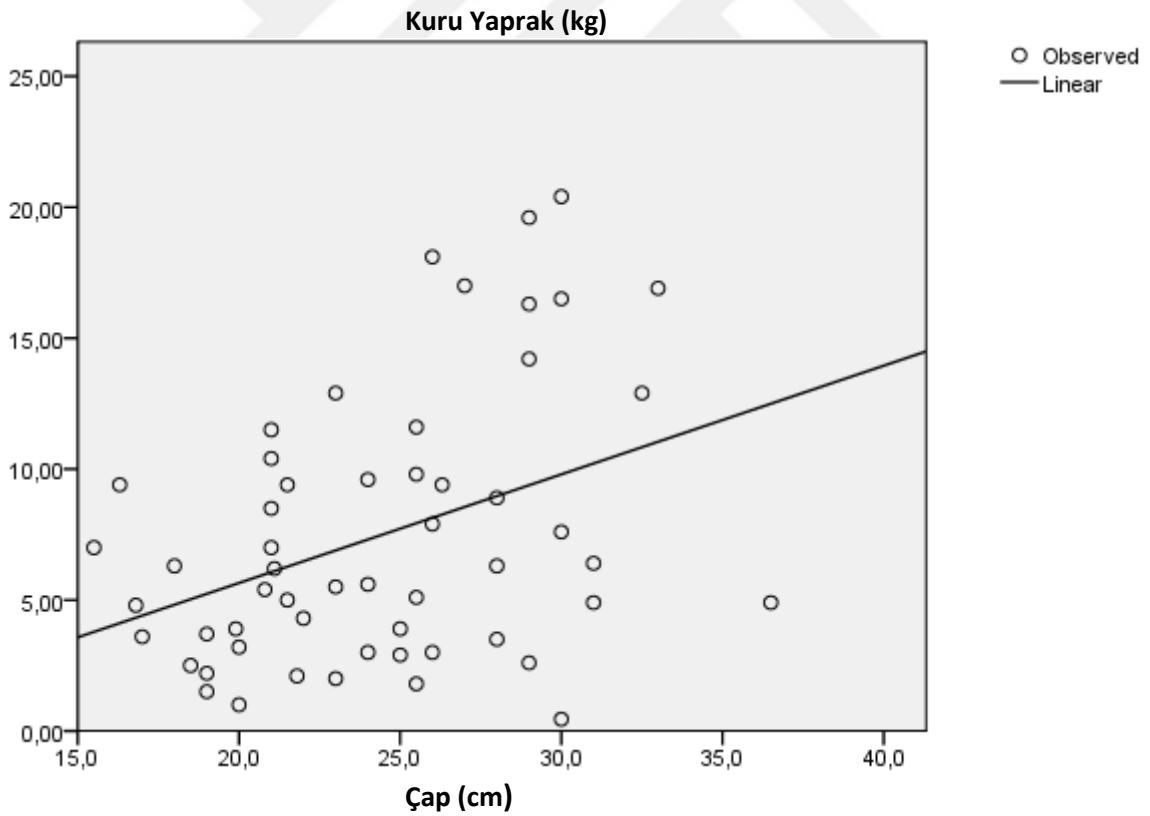
$$Yaprakkuru. = -2.647 + 0.415d_{1,3}$$

$$R^2=0.147 \text{ ve } S_{y.x}= 4.8 \text{ kg}$$

Tablo 7. Yaprak biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:yaprak									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,147	9,141	1	53	,004	-2,647	,415		
Logarithmic	,144	8,946	1	53	,004	-23,903	9,882		
Inverse	,135	8,284	1	53	,006	16,865	-220,438		
Quadratic	,148	4,517	2	52	,016	-6,177	,709	-,006	
Cubic	,150	4,575	2	52	,015	-6,565	,661	,000	,000
Compound	,074	4,245	1	53	,044	1,892	1,046		
Power	,072	4,107	1	53	,048	,189	1,075		
S	,066	3,755	1	53	,058	2,758	-23,770		
Growth	,074	4,245	1	53	,044	,638	,045		
Exponential	,074	4,245	1	53	,044	1,892	,045		

The independent variable is çap.



Şekil 23. Göğüs çapı- yaprak kuru ağırlığı ilişkisi.

4.1.2.1.4. Kabuk Kuru Ağırlığı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Kabuk biyokütlesi için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 8'de verilmiştir. Modeller başarı sırasına konulduğunda S Modeli birinci, Power modeli ikinci ve Compound model ise üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere en iyi uyum gösteren S modeli seçilmiştir (Şekil 24).

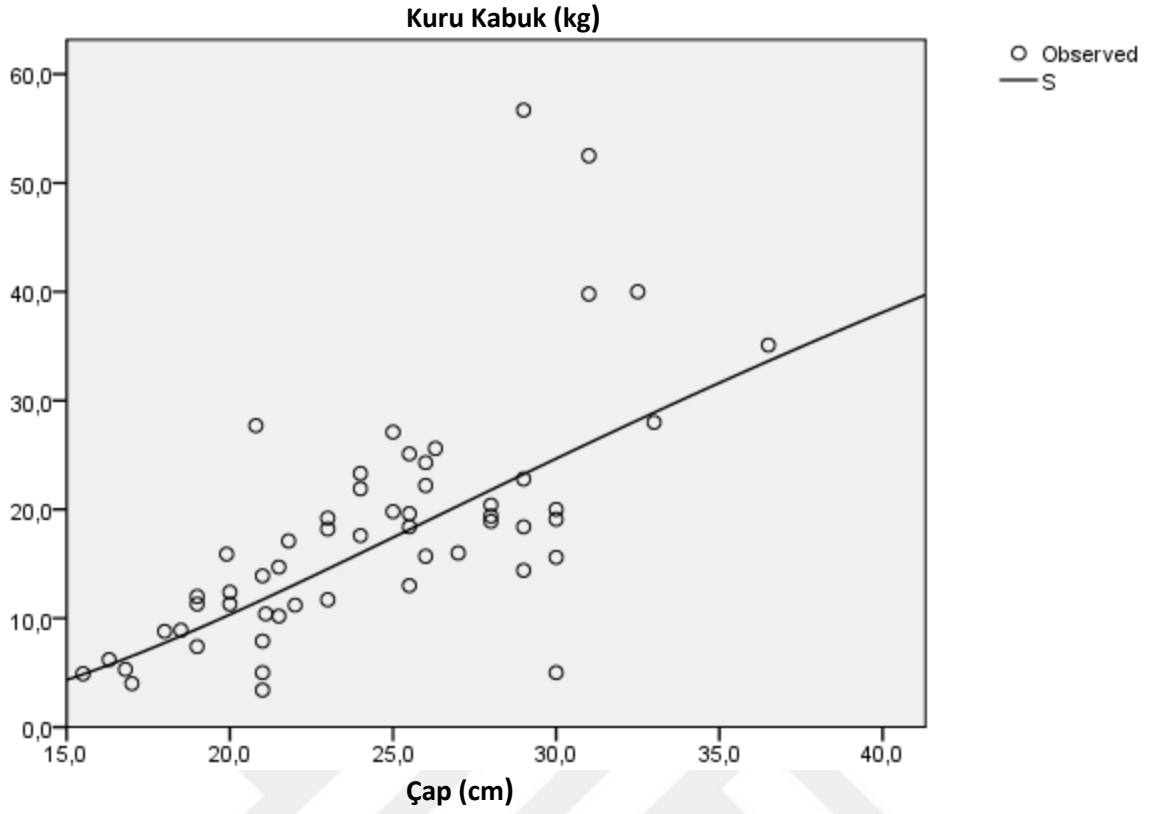
$$Kabukkurua = Exp(4.945 - 52.178 / d_{1,3})$$

$$R^2=0.521 \text{ ve } Sy.x= 0.435 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

Tablo 8. Kabuk biyokütlesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:kabuk									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,455	44,225	1	53	,000	-19,727	1,552		
Logarithmic	,448	43,067	1	53	,000	-99,474	37,039		
Inverse	,432	40,238	1	53	,000	53,833	-837,918		
Quadratic	,455	21,704	2	52	,000	-17,228	1,344	,004	
Cubic	,455	21,706	2	52	,000	-17,879	1,436	,000	6,064E-5
Compound	,486	50,129	1	53	,000	1,656	1,095		
Power	,509	54,979	1	53	,000	,013	2,236		
S	,521	57,721	1	53	,000	4,945	-52,178		
Growth	,486	50,129	1	53	,000	,504	,091		
Exponential	,486	50,129	1	53	,000	1,656	,091		

The independent variable is cap.



Şekil 24. Göğüs çapı- kabuk kuru ağırlığı ilişkisi.

4.1.2.1.5. Toprak Üstü Toplam Biyokütle ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Toprak üstü toplam biyokütle için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 9'da verilmiştir. Cubic model, quadratic model ve power modeli biçiminde bir sıralama oluşmuş olup, sonuçların birbirine çok yakın olması ve pratiklik nedeniyle quadratic model seçilmiştir (Şekil 25).

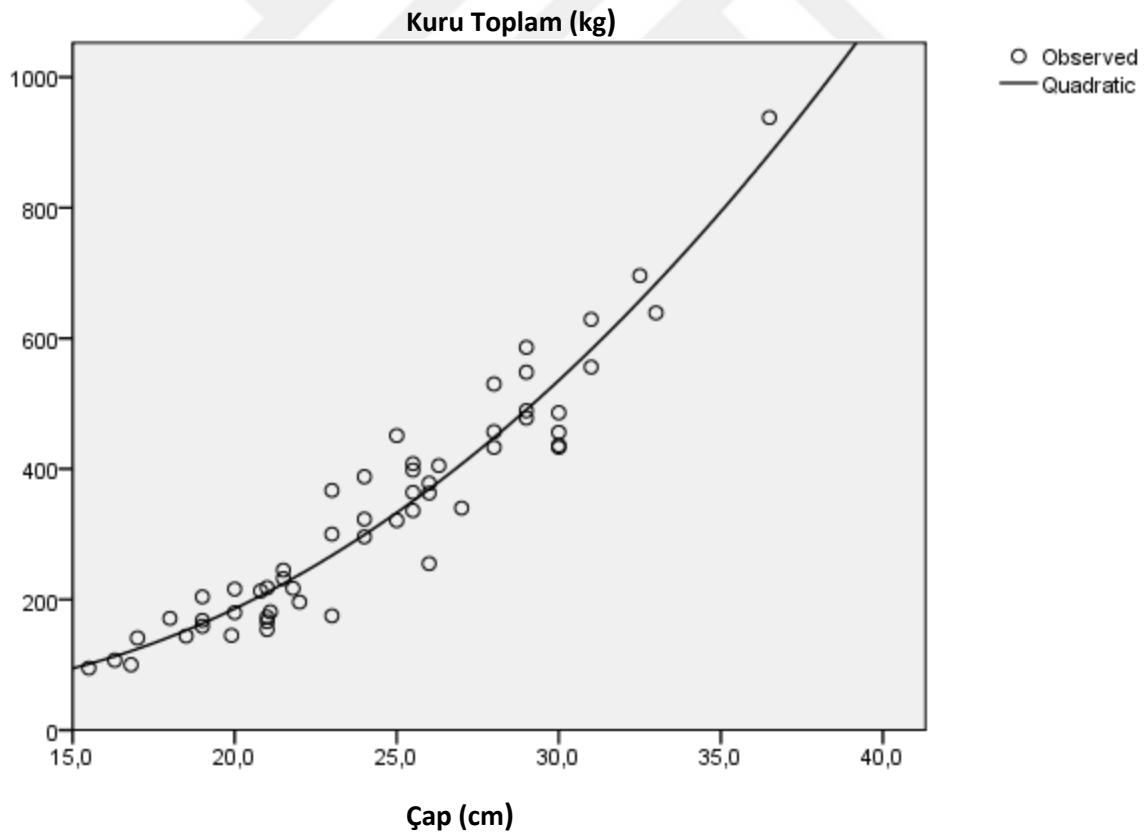
$$Gövdekurua = 154.151 - 20.662d_{1,3} + 1.113d_{1,3}^2$$

$$R^2=0.916 \text{ ve } Sy.x= 52.0 \text{ kg}$$

Tablo 9. Toprak üstü toplam biyokütle için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable: toplam									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,888	421,786	1	53	,000	-510,239	34,736		
Logarithmic	,845	288,801	1	53	,000	-2,249E3	814,370		
Inverse	,785	193,116	1	53	,000	1,108E3	-1,809E4		
Quadratic	,916	282,977	2	52	,000	154,151	-20,662	1,113	
Cubic	,917	286,094	2	52	,000	-62,847	6,657	,000	,015
Compound	,902	488,083	1	53	,000	21,199	1,114		
Power	,913	553,154	1	53	,000	,075	2,606		
S	,900	479,312	1	53	,000	8,226	-59,684		
Growth	,902	488,083	1	53	,000	3,054	,108		
Exponential	,902	488,083	1	53	,000	21,199	,108		

The independent variable is çap.

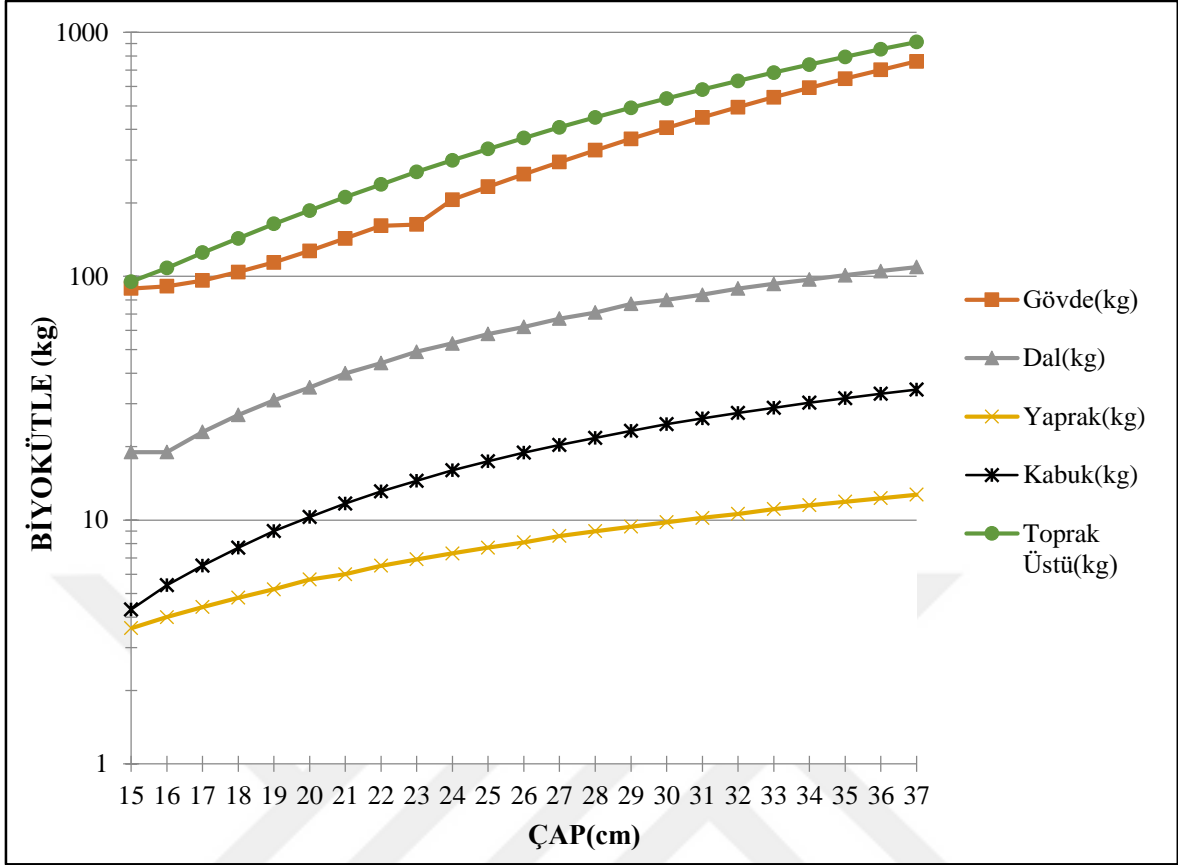


Şekil 25. Göğüs çapı- toprak üstü toplam biyokütle kuru ağırlığı ilişkisi.

Örnek ağaçların en küçük ve en büyük çap değerleri dikkate alınarak, gövde, dal, yaprak, kabuk ve toprak üstü biyokütle tahmini amacıyla oluşturulmuş olan regresyon denklemleri ile gerekli hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo 10 ve Şekil 26'da verilmiştir.

Tablo 10. Örnek ağaçların biyokütle tahminlerine ilişkin regresyon sonuçları (kuru ağırlık)

Çap (cm)	Gövde(kg)	Dal (kg)	Yaprak(kg)	Kabuk(kg)	Toprak üstü (kg)
15.0	89.0	19.0	3.6	4.3	95.0
16.0	91.0	19.0	4.0	5.4	108.0
17.0	96.0	23.0	4.4	6.5	125.0
18.0	104.0	27.0	4.8	7.7	143.0
19.0	114.0	31.0	5.2	9.0	164.0
20.0	127.0	35.0	5.7	10.3	186.0
21.0	143.0	40.0	6.0	11.7	211.0
22.0	161.0	44.0	6.5	13.1	238.0
23.0	163.0	49.0	6.9	14.5	268.0
24.0	206.0	53.0	7.3	16.0	299.0
25.0	233.0	58.0	7.7	17.4	333.0
26.0	262.0	62.0	8.1	18.9	369.0
27.0	294.0	67.0	8.6	20.3	408.0
28.0	329.0	71.0	9.0	21.7	448.0
29.0	366.0	77.0	9.4	23.2	491.0
30.0	406.0	80.0	9.8	24.7	536.0
31.0	448.0	84.0	10.2	26.1	583.0
32.0	494.0	89.0	10.6	27.5	633.0
33.0	542.0	93.0	11.1	28.9	684.0
34.0	593.0	97.0	11.5	30.3	738.0
35.0	646.0	101.0	11.9	31.6	794.0
36.0	702.0	105.0	12.3	33.0	853.0
37.0	761.0	109.0	12.7	34.3	914.0



Şekil 26. Çapa bağlı biyokütle bileşenleri

4.1.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerinin Biyokütle Bakımından Çap ve Boy İlişkisi

Örnek ağaçların biyokütle değerlerini tahmin etmek amacıyla çap ve boyun fonksiyonu olarak oluşturulan biyokütle denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$Gövde(d, h) = -2418.2 + 102.1h + 13519.9 \frac{1}{h} + 755.1 \frac{h}{d} - 46.1 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.914 \quad S_{y.x}=46 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Dal(d, h) = 375.8 - 2550.9 \frac{1}{h} - 204.8 \frac{h}{d}$$

$$R^2=0.376 \quad S_{y.x}=36.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Yaprak(d, h) = -1.17 + 1.351h - 1.007 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.334 \quad S_{y.x}=4.3 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Kabuk(d, h) = -564.1 + 15.2h - 4730.9 \frac{1}{d} + 5614.7 \frac{1}{h} + 454 \frac{h}{d} - 11.4 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.549 \quad Sy.x=7.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

$$Toprakustu(d, h) = -1925.8 + 76.7h + 7658.2 \frac{1}{d} + 8855 \frac{1}{h} + 0.467 d^2 - 20.58 \frac{h^2}{d} - 0.000174 d^2 h^2$$

$$R^2=0.963 \quad Sy.x=36.1 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Biyokütle denklemlerinde boy değişkenine de yer verilmesi durumunda denklemlerin tahmin gücünde önemli artışlar ortaya çıkmıştır. Denklemlerin belirtme katsayılarındaki artış değerleri yüzde olarak incelendiğinde; gövde için %10, dal için %4,2, yaprak için %18,7, kabuk için %2,8 ve toprak üstü için ise %4,7 artış değerleri söz konusudur. Biyokütle denklemlerinde göğüs çapına ek olarak ağaç boyunun da yer alması denklemin standart hatasını da düşürmüştür. Çap ve boya bağlı biyokütle denklemleri logaritmik ölçekli olmadığından, karşılaştırmalarda logaritmik ölçekli olmayan çapa bağlı regresyon denklemleri ile yapılmıştır. Sonuç olarak; gövde için standart hata değeri 66,3 kg'dan 46 kg'a düşerken, yaprak için 4,8 kg'dan 4,3 kg'a ve toprak üstü için ise 52 kg'dan 36,1 kg'a bir azalış söz konusudur.

4.1.3. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Çalışma alanına ait toprak üstü tek ağaç bileşenlerinin biyokütle miktarları ile bakı etmeni arasında % 5 önem düzeyine göre fark olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır.

Tablo 11. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Biyokütle(kg)	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yaprak	Gruplar Arası	12,248	1	12,248	0,453	0,504 ^{NS}
	Gruplar İçi	1432,460	53	27,028		
	Toplam	1444,708	54			
Kabuk	Gruplar Arası	20,601	1	20,601	0,044	0,834 ^{NS}
	Gruplar İçi	24638,347	53	464,874		
	Toplam	24658,948	54			
Dal	Gruplar Arası	369,197	1	369,197	0,220	0,641 ^{NS}
	Gruplar İçi	88979,670	53	1678,862		
	Toplam	89348,867	54			
Gövde	Gruplar Arası	6166,422	1	6166,422	0,219	0,642 ^{NS}
	Gruplar İçi	1491180,7	53	28135,484		
	Toplam	1497347,1	54			
Toplam	Gruplar Arası	12727,386	1	12727,386	0,304	0,583 ^{NS}
	Gruplar İçi	2216371,6	53	41818,332		
	Toplam	2229099,0	54			

*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

NS: 0,05 önem düzeyinde anlamsız

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; toprak üstü tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle miktarlarının, bakı etmenine göre değişiminde % 95 güvenle anlamlı farklılıklar belirlenememiştir (Tablo 11; Fhesap=0.453 ve $p>0.05$, Fhesap=0.044 ve $p>0.05$, Fhesap=0.220 ve $p>0.05$, Fhesap=0.219 ve $p>0.05$, Fhesap=0.304 ve $p>0.05$).

4.1.4. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Çalışma alanına ait toprak üstü tek ağaç bileşenlerinin biyokütle miktarları ile yükselti etmeni arasında % 5 önem düzeyine göre fark olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır.

Tablo 12. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Biyokütle Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Biyokütle(kg)	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yaprak	Gruplar Arası	310,095	2	155,048	7,106	0,002*
	Gruplar İçi	1134,613	52	21,819		
	Toplam	1444,708	54			
Kabuk	Gruplar Arası	2281,292	2	1140,646	2,651	0,080 ^{NS}
	Gruplar İçi	22377,656	52	430,340		
	Toplam	24658,948	54			
Dal	Gruplar Arası	17317,995	2	8658,97	6,251	0,004*
	Gruplar İçi	72030,872	52	1385,209		
	Toplam	89348,867	54			
Gövde	Gruplar Arası	390400,52	2	195200,259	9,170	0,000*
	Gruplar İçi	1106946,6	52	21287,434		
	Toplam	1497347,1	54			
Toplam	Gruplar Arası	516601,24	2	258300,618	7,843	0,001*
	Gruplar İçi	1712497,8	52	32932,649		
	Toplam	2229099,0	54			

*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

NS: 0,05 önem düzeyinde anlamsız

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; toprak üstü tek ağaç bileşenlerinden kabuk hariç yaprak, dal, gövde ve toplamdaki biyokütle miktarlarının yükselti etmenine göre değişiminde % 95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 12; Fhesap=7.106 ve $p<0.05$, Fhesap=2.651 ve $p>0.05$, Fhesap=6.251 ve $p<0.05$, Fhesap=9.170 $p<0.05$, Fhesap=7.843 ve $p<0.05$).

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre belirlenen farklılıklardan homojen alt grupları belirlemek üzere; Duncan Posthoc testi yapılmıştır.

Yaprak bileşenine ait biyokütle miktarına ilişkin test sonuçlarına göre; 800-1000 m (ortalama= 4.96 kg) ve 400-600 m (ortalama= 6.99 kg) yükselti kuşakları aynı grupta yer almış, buna karşılık 600-800 m yükselti kuşağı (10.77 kg) daha yüksek biyokütle ortalaması ile diğer gruplardan ayrılmıştır (Tablo 13).

Tablo 13. Yaprak bileşenine ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
800-1000 m	19	4,9611	
400-600 m	19	6,9900	
600-800 m	17		10,7788
Önem Düzeyi (P)		,195	1,000

Dal bileşenine ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 800-1000 m (ortalama= 40.25 kg) ve 400-600 m (ortalama= 48.51 kg) yükselti aynı grupta yer almıştır. Orta yükselti kuşağında (600-800 m) dal bileşenine ait biyokütle miktarları (ortalama= 82.05 kg) ise diğer yükselti kuşaklarından daha yüksek bulunmuştur (Tablo 14).

Tablo 14. Dal bileşenine ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
800-1000 m	19	40,2542	
400-600 m	19	48,5063	
600-800 m	17		82,0547
Önem Düzeyi (P)		,506	1,000

Gövde bileşenine ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 800-1000 m (ortalama= 372.64 kg) ve 600-800 m (ortalama= 378.76 kg) yükselti aynı grupta yer almıştır. 400-600 m yükselti kuşağı (ortalama= 198.43 kg) farklı grupta yer almış ve anlamlı oranda düşük biyokütle içeriğine sahiptir (Tablo 15).

Tablo 15. Gövde bileşenine ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
400-600 m	19	198,4368	
800-1000 m	19		372,6484
600-800 m	17		378,7676
Önem Düzeyi (P)		1,000	,900

Toprak üstü toplam ağaç bileşenlerine ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 800-1000 m (ortalama= 448.90 kg) ve 600-800 m (ortalama= 503.88 kg) yükselteler aynı grupta yer almıştır. 400-600 m yükselti kuşağı (ortalama= 276.47 kg) farklı grupta yer almış ve anlamlı oranda düşük biyokütle içeriğine sahiptir (Tablo 16).

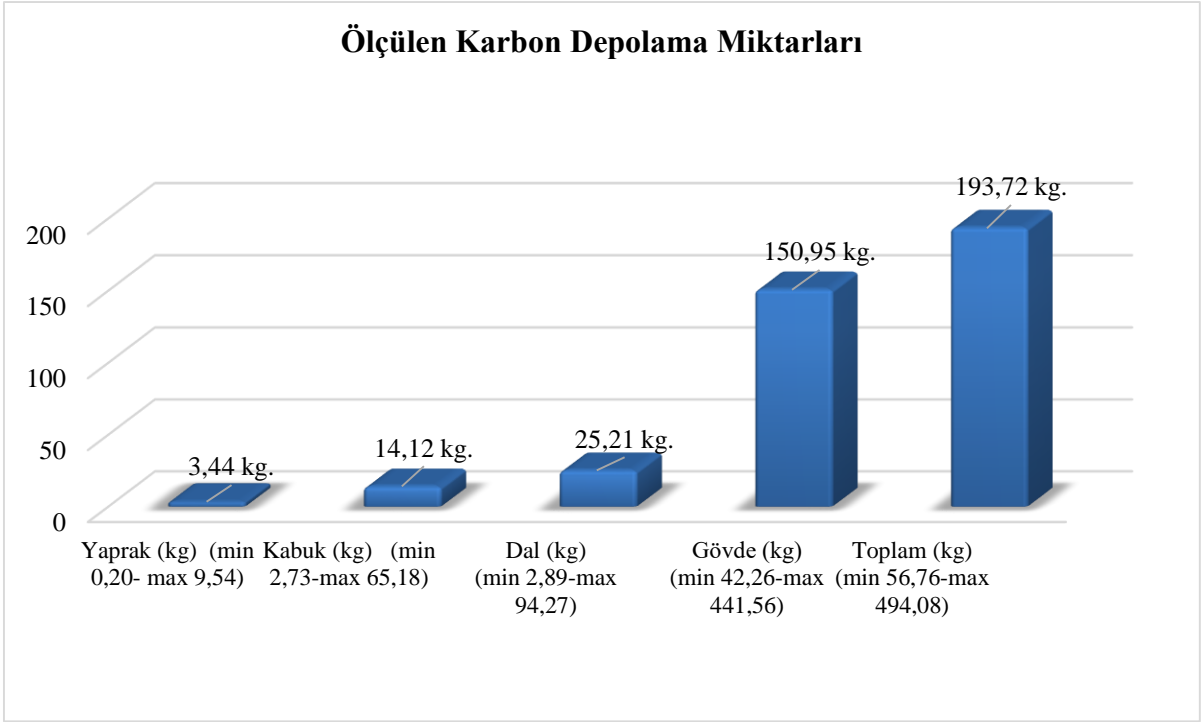
Tablo 16. Toprak üstü ağaç bileşenlerinin toplam biyokütle miktarına ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
400-600 m	19	276,4784	
800-1000 m	19		448,9089
600-800 m	17		503,8847
Önem Düzeyi (P)		1,000	,364

4.2. Karbon Denklemlerine İlişkin Bulgular

4.2.1. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarları

Çalışma alanındaki doğu kayını ağaç bileşenlerine ait karbon içeriği; tek ağaçta en yüksek % 47,8 (42,267 kg-441,565 kg aralığında ort. 150,949 kg) ile gövde odununda tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla % 47,2 (2,893 kg-94,277 kg aralığında ort. 25,206 kg) ile dal, % 46,7 (2,731 kg-65,180 kg aralığında ort. 14,123 kg) ile kabuk ve en az miktarda da %46 (0,205 kg-9,547 kg aralığında ort. 3,437 kg) ile yaprak bileşeni takip etmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Çalışma alanındaki örnek ağaç bileşenlerine ait ölçülen karbon depolama miktarları

Çalışma kapsamında elde edilen karbon değerlerine ilişkin veriler Ek Tablo 2’ de detaylı olarak verilmiştir.

4.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Tahmin Edilen Karbon Depolama Miktarları ve Denklemleri

Yaprak, kabuk, dal, gövde ve toprak üstü karbon miktarlarının tahmin edilmesinde, biyokütle tahmininde olduğu gibi, ilk aşamada yalnız göğüs çapına bağlı ikinci aşamada ise göğüs çapı ve ağaç boyunun birlikte fonksiyonu olan regresyon denklemleri oluşturularak, boyun modele alınması durumunda denklemin tahmin gücündeki değişimler incelenmeye çalışılmıştır.

Yalnız göğüs çapının fonksiyonu olarak oluşturulan gövde, dal, yaprak, kabuk ve toprak üstü karbon miktarlarının tahmininde kullanılan regresyon denklemlerine ilişkin model sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.2.2.1. Tek Ağaç Bileşenlerinin Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

4.2.2.1.1. Gövde Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Gövdeye ilişkin karbon miktarı tahmini için en uygun denklemin oluşturulmasında Tablo 17' de verilen model sonuçlarından yararlanılmıştır.

Tablo 17. Gövde karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

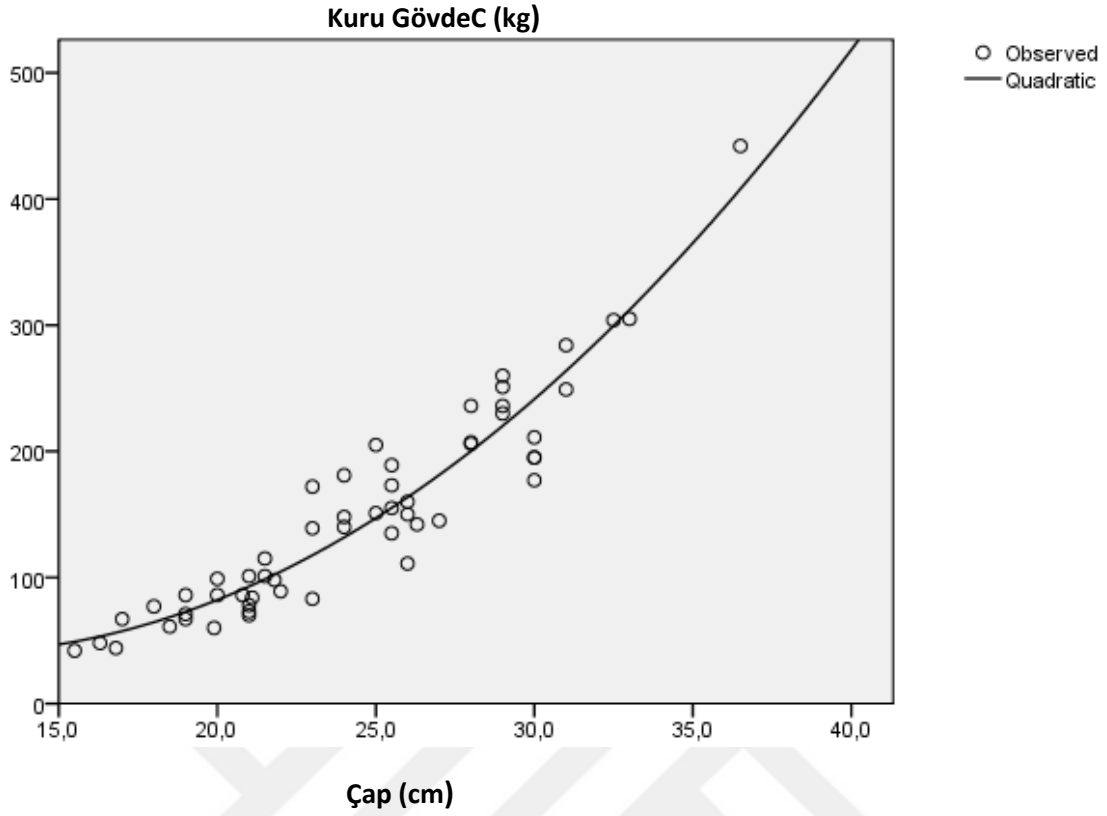
Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable: govdec									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,862	329,744	1	53	,000	-234,326	15,789		
Logarithmic	,815	233,391	1	53	,000	-1,021E3	369,167		
Inverse	,753	161,854	1	53	,000	499,504	-8,184E3		
Quadratic	,898	228,250	2	52	,000	117,712	-13,564	,590	
Cubic	,900	232,734	2	52	,000	4,836	,779	,000	,008
Compound	,890	427,158	1	53	,000	9,282	1,115		
Power	,898	466,329	1	53	,000	,032	2,619		
S	,884	405,702	1	53	,000	7,428	-59,943		
Growth	,890	427,158	1	53	,000	2,228	,108		
Exponential	,890	427,158	1	53	,000	9,282	,108		

The independent variable is cap.

Regresyon denklemlerine ilişkin belirtme katsayısı değerleri incelendiğinde en yüksek değerle cubic model yer alırken, power ve quadratic model ikinci sırada ve compound, growth, exponential model üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere en iyi uyum gösteren ve pratik açıdan ilk sırayı alan fonksiyon Quadratic model seçilmiştir (Şekil 28).

$$Govdekarbonu = 117.712 - 13.564d_{1,3} + 0.59d_{1,3}^2$$

$$(R^2=0.898 \quad Sy.x = 26.5 \text{ kg})$$



Şekil 28. Göğüs çapı-gövde karbon miktarı ilişkisi.

4.2.2.1.2. Dal Karbon Miktarı-Göğüs Çapı İlişkisi

Dala ilişkin karbon miktarı tahmini için oluşturulan regresyon denklemlerinin parametre değerleri Tablo 18’ de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre S modeli 0,260 belirtme katsayısı ile birinci sırada, Cubic Model 0,257 belirtme katsayısı ile ikinci sırada ve Quadratic Model ise 0,255 belirtme katsayısı değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere en iyi uyum gösteren fonksiyon S Modelidir (Şekil 29).

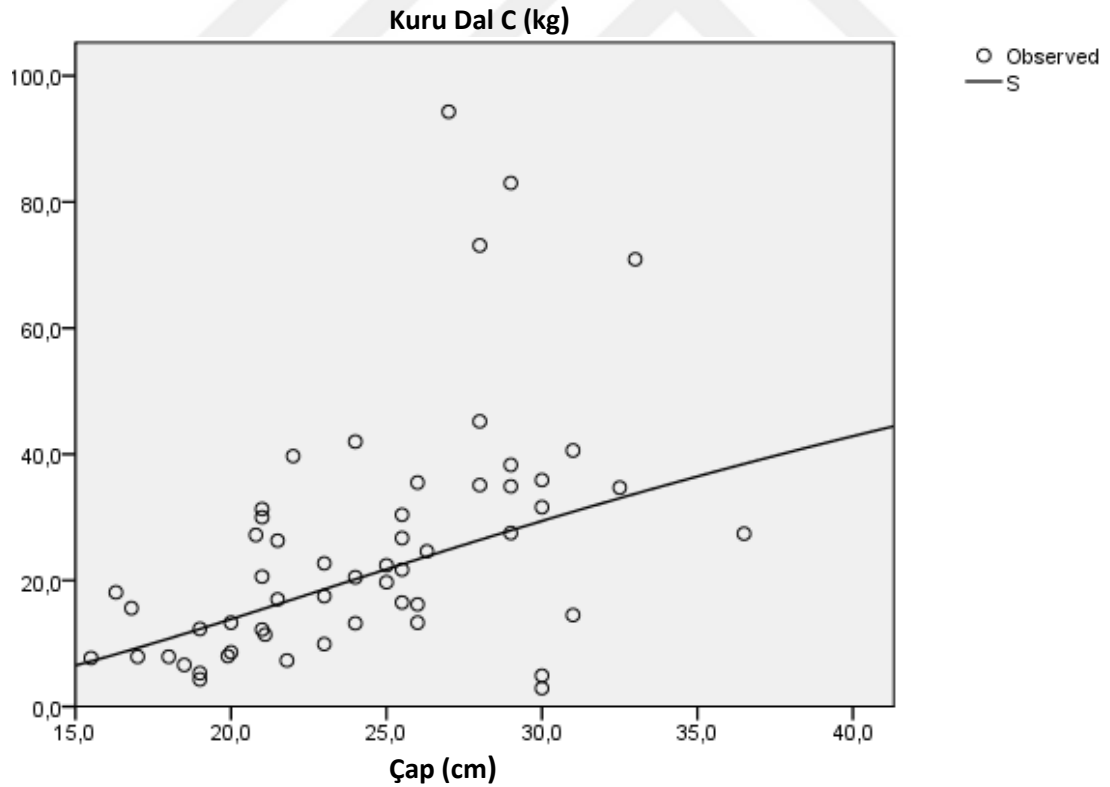
$$Dalkarbon = \text{Exp}(4.888 - 45.198 / d_{1,3})$$

$R^2=0.26$ ve $Sy.x= 0.663$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

Tablo 18. Dal karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:dalc									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,243	16,970	1	53	,000	-23,355	1,993		
Logarithmic	,249	17,567	1	53	,000	-128,865	48,541		
Inverse	,246	17,324	1	53	,000	72,703	-1,113E3		
Quadratic	,255	8,896	2	52	,000	-72,345	6,078	-,082	
Cubic	,257	9,017	2	52	,000	-59,065	4,234	,000	-,001
Compound	,239	16,639	1	53	,000	2,871	1,081		
Power	,254	18,000	1	53	,000	,041	1,936		
S	,260	18,607	1	53	,000	4,888	-45,198		
Growth	,239	16,639	1	53	,000	1,055	,078		
Exponential	,239	16,639	1	53	,000	2,871	,078		

The independent variable is cap.



Şekil 29. Göğüs çapı-dal karbon miktarı ilişkisi

4.2.2.1.3. Yaprak Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı İlişkisi

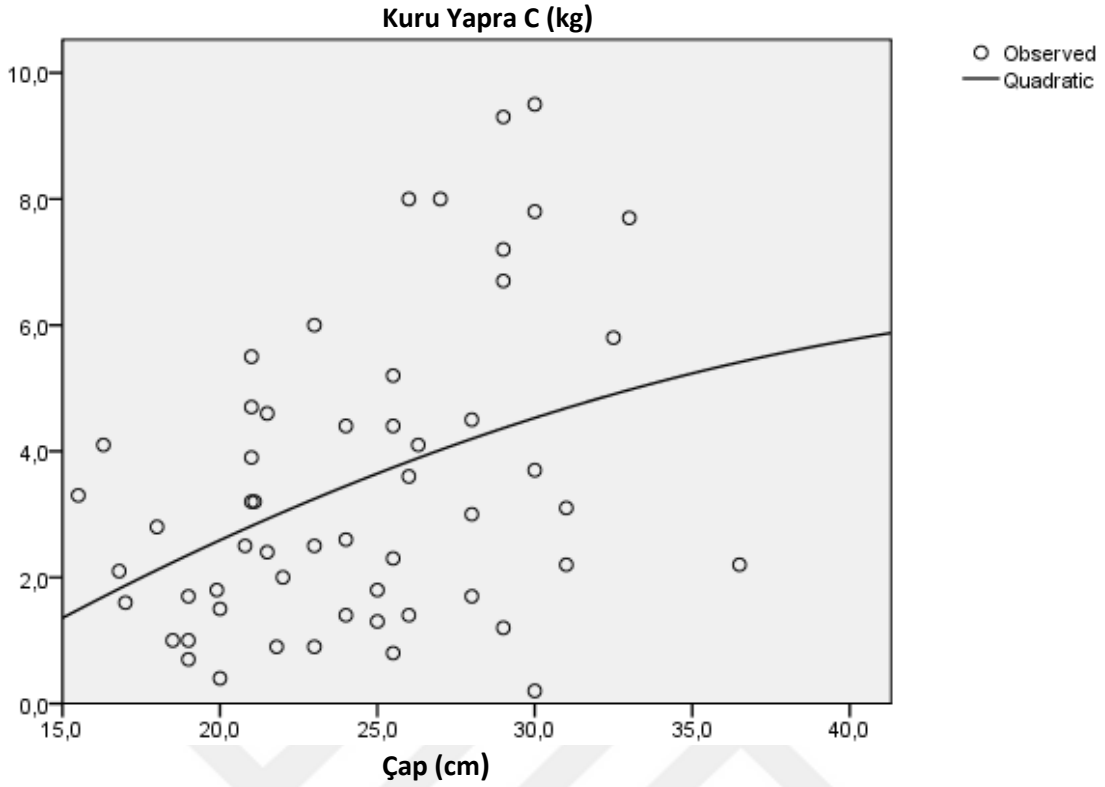
Yaprağa ilişkin karbon miktarı tahmini için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 19’da verilmiştir. Test edilen regresyon denklemlerinden belirtme katsayısı değerlerine göre Cubic model birinci sırada, Quadratic model ikinci sırada, Linear model ise üçüncü sırada yer almakla birlikte, uyumluluk düzeyleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Pratik açıdan Quadratic model seçilmiştir (Şekil 30).

$$Yaprakkarbonu = -3.399 + 0.37d_{1,3} - 0.004d_{1,3}^2$$

($R^2=0.152$ $Sy.x = 2.2$ kg)

Tablo 19. Yaprak karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:yaprakc									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,151	9,413	1	53	,003	-1,299	,195		
Logarithmic	,149	9,264	1	53	,004	-11,309	4,648		
Inverse	,140	8,630	1	53	,005	7,879	-103,973		
Quadratic	,152	4,671	2	52	,014	-3,399	,370	-,004	
Cubic	,154	4,743	2	52	,013	-3,423	,328	,000	-6,969E-5
Compound	,077	4,448	1	53	,040	,829	1,048		
Power	,076	4,340	1	53	,042	,074	1,124		
S	,070	4,004	1	53	,051	2,029	-24,965		
Growth	,077	4,448	1	53	,040	-,188	,047		
Exponential	,077	4,448	1	53	,040	,829	,047		
The independent variable is cap.									



Şekil 30. Göğüs çapı-yaprak karbon miktarı ilişkisi.

4.2.2.1.4. Kabuk Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

Kabuğa ilişkin karbon miktarı tahmini için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 20’ da verilmiştir. Modeller başarı sırasına konulduğunda S modeli birinci, Power modeli ikinci ve Compound, Growth ve Exponential model ise üçüncü sırada yer almaktadır. Verilere en iyi uyum gösteren model S modeli seçilmiştir (Şekil 31).

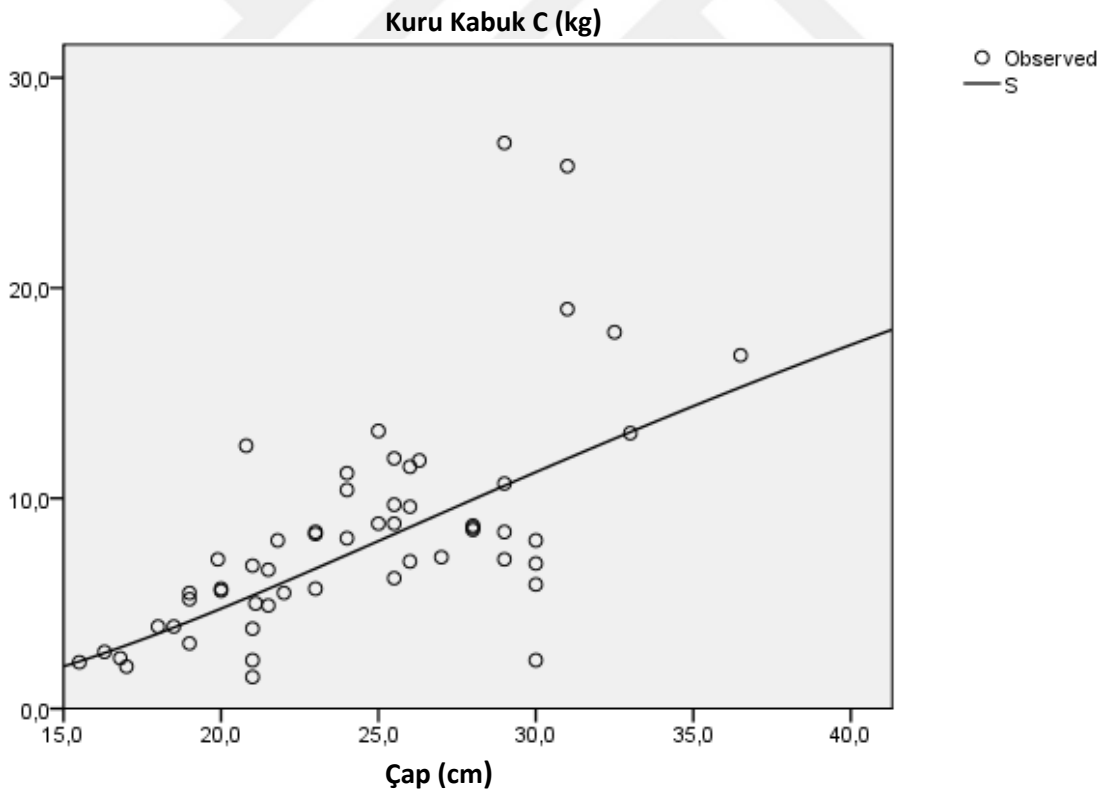
$$Kabukkarbon = Exp(4.142 - 51.665 / d_{1,3})$$

$R^2=0.500$ ve $Sy.x= 0.449$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

Tablo 20. Kabuk karbon miktarının tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modelleri ve bazı istatistiksel sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:kabukc									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,421	38,527	1	53	,000	-9,072	,715		
Logarithmic	,415	37,600	1	53	,000	-45,802	17,058		
Inverse	,400	35,340	1	53	,000	24,812	-386,146		
Quadratic	,421	18,911	2	52	,000	-7,654	,596	,002	
Cubic	,421	18,917	2	52	,000	-7,898	,641	,000	3,854E-5
Compound	,462	45,422	1	53	,000	,783	1,094		
Power	,486	50,025	1	53	,000	,006	2,209		
S	,500	52,951	1	53	,000	4,142	-51,665		
Growth	,462	45,422	1	53	,000	-,244	,090		
Exponential	,462	45,422	1	53	,000	,783	,090		

The independent variable is çap.



Şekil 31. Göğüs çapı-Kabuk karbon miktarı ilişkisi

4.2.2.1.5. Toprak Üstü Toplam Karbon Miktarı ile Göğüs Çapı Arasındaki İlişki

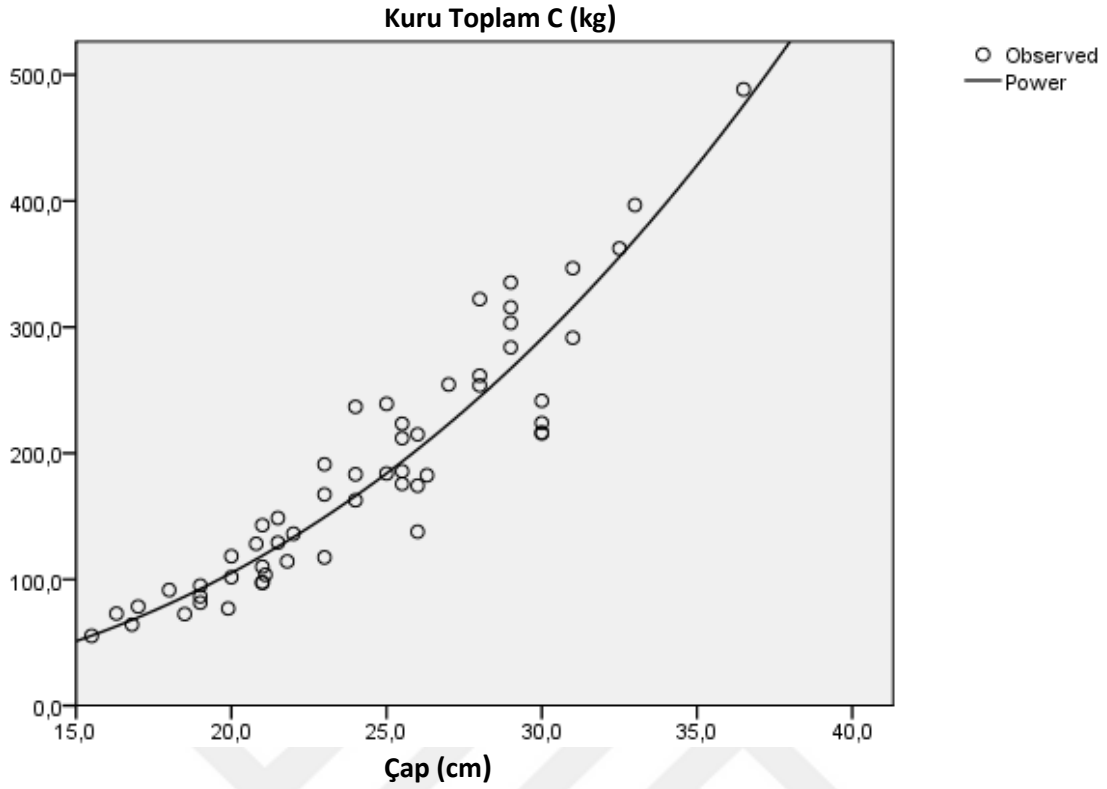
Toprak üstü toplam karbon miktarı tahmini için oluşturulan regresyon denklemleri Tablo 21’ de verilmiştir. Power model, S modeli ve Compound, Growth, Exponential model biçiminde bir sıralama oluşmuş olup verilere en uygun model Power model olarak seçilmiştir (Şekil 32).

$$\text{Topraküstükarbonu}=0.057 d_{1.3}^{2.511}$$

$$R^2=0.901 \text{ ve } S_{y.x}= 0.167 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

Tablo 21. Toprak Üstü Toplam Karbon Miktarının Tahmin Edilmesi İçin Oluşturulan Regresyon Modelleri ve Bazı İstatistiksel Sonuçlar

Model Summary and Parameter Estimates									
Dependent Variable:toplanc									
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	,862	330,031	1	53	,000	-268,052	18,692		
Logarithmic	,824	248,085	1	53	,000	-1,207E3	439,415		
Inverse	,769	176,353	1	53	,000	604,898	-9,787E3		
Quadratic	,881	191,927	2	52	,000	34,313	-6,520	,506	
Cubic	,881	192,351	2	52	,000	-16,134	,000	,234	,004
Compound	,889	423,729	1	53	,000	13,125	1,109		
Power	,901	480,867	1	53	,000	,057	2,511		
S	,890	427,633	1	53	,000	7,557	-57,537		
Growth	,889	423,729	1	53	,000	2,574	,104		
Exponential	,889	423,729	1	53	,000	13,125	,104		
The independent variable is cap.									



Şekil 32. Göğüs Çapı-Toprak üstü toplam karbon miktarı ilişkisi

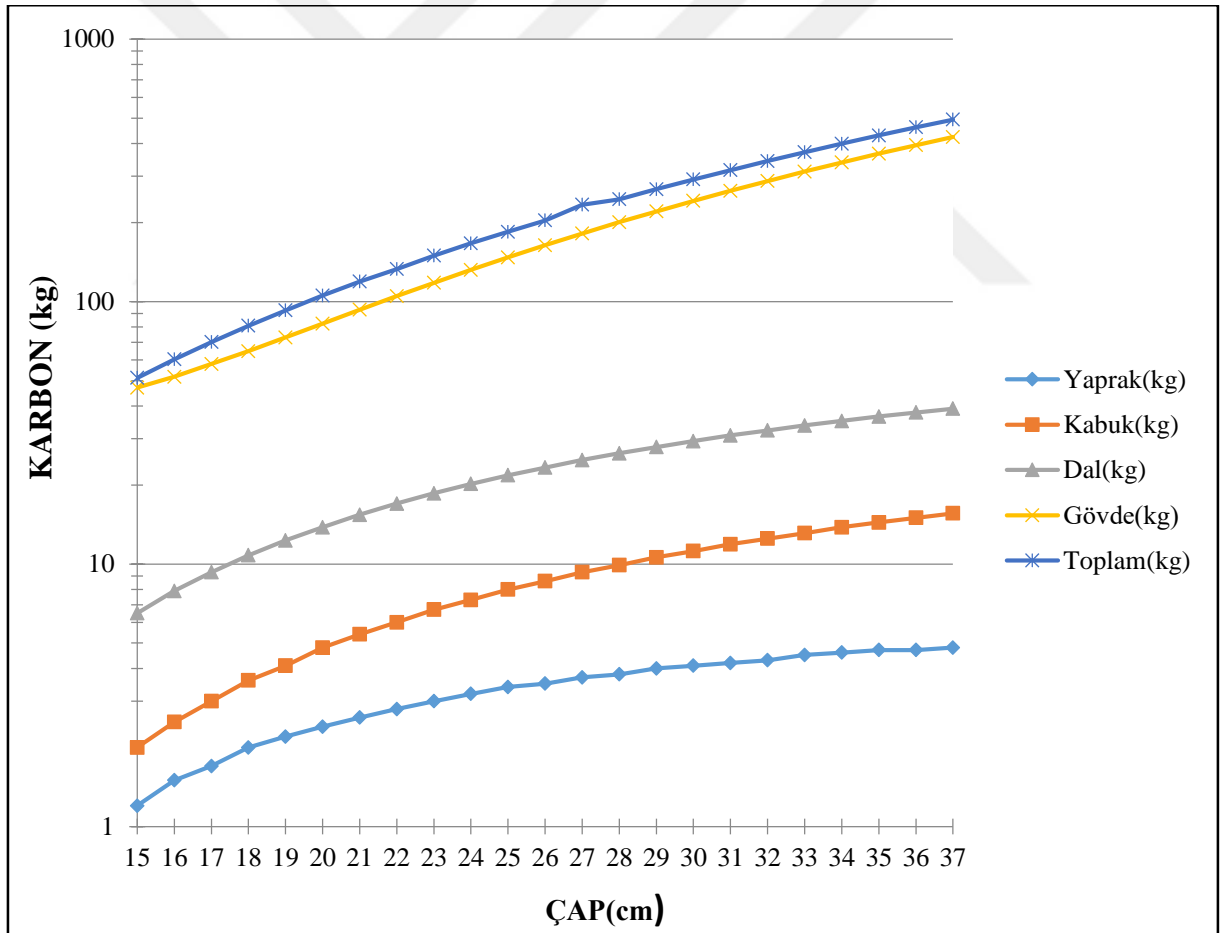
Örnek ağaçların en küçük ve en büyük çap değerleri dikkate alınarak, gövde, dal, yaprak, kabuk ve toprak üstü toplam karbon miktarı tahmini amacıyla oluşturulmuş olan regresyon denklemleri ile gerekli hesaplamalar yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo 22 ve Şekil 33' de verilmiştir.

Tablo 22. Örnek ağaçların karbon tahminlerine (kg) ilişkin regresyon sonuçları.

Çap (cm)	Yaprak (kg)	Kabuk (kg)	Dal (kg)	Gövde (kg)	Toplam(kg)
15.0	1.2	2.0	6.5	47.0	51.2
16.0	1.5	2.5	7.9	51.7	60.2
17.0	1.7	3.0	9.3	57.8	70.1
18.0	2.0	3.6	10.8	64.7	80.9
19.0	2.2	4.1	12.3	73.0	92.6
20.0	2.4	4.8	13.8	82.4	105.4
21.0	2.6	5.4	15.4	93.1	119.1
22.0	2.8	6.0	17.0	104.9	133.0
23.0	3.0	6.7	18.6	117.8	149.7

Tablo 22'nin devamı

24.0	3.2	7.3	20.2	132.0	166.6
25.0	3.4	8.0	21.8	147.4	184.5
26.0	3.5	8.6	23.3	163.9	203.6
27.0	3.7	9.3	24.9	181.6	223.9
28.0	3.8	9.9	26.4	200.5	245.3
29.0	4.0	10.6	27.9	220.5	267.9
30.0	4.1	11.2	29.4	241.8	291.7
31.0	4.2	11.9	30.9	264.2	316.7
32.0	4.3	12.5	32.3	287.8	343.0
33.0	4.5	13.1	33.7	312.6	370.6
34.0	4.6	13.8	35.1	338.6	399.4
35.0	4.7	14.4	36.5	365.7	429.4
36.0	4.7	15.0	37.8	394.0	461.1
37.0	4.8	15.6	39.1	423.6	493.4



Şekil 33. Çapa bağlı karbon bileşenleri

4.2.2.2. Tek Ağaç Bileşenlerinin Karbon Miktarı Bakımından Çap ve Boy ile İlişkisi

Göğüs çapı ve ağaç boyunun birlikte fonksiyonu olarak oluşturulmuş olan çoğul regresyon modelleri ve bu modellere ilişkin bazı istatistiksel değerler aşağıda verilmiştir.

$$Gövdec = -50.577 + 0.475hd - 0.136h^2$$

$$(R^2=0.942 \quad Sy.x =19.9 \text{ kg})$$

$$Dalc = 142.127 - 990.65/h - 0.75393h/d$$

$$(R^2=0.298 \quad Sy.x =16.5 \text{ kg})$$

$$Yaprakc = -0.6 + 0.634h - 0.473h^2/d$$

$$(R^2=0.343 \quad Sy.x =2,0 \text{ kg})$$

$$Kabukc = -15.569 + 1.849h - 0.804h^2/d$$

$$(R^2=0.320 \quad Sy.x =7.1 \text{ kg})$$

$$Topraküstüc = 4.146 + 0.394d^2 - 51.4d^2/h^2$$

$$(R^2=0.913 \quad Sy.x =29.1 \text{ kg})$$

Tek ağaç bileşenlerine ait karbon miktarı tahmini denklemlerinde boy değişkenine de yer verilmesi durumunda denklemlerin tahmin gücünde önemli artışlar ortaya çıkmıştır. Denklemlerin belirtme katsayılarındaki artış değerleri yüzde olarak incelendiğinde; gövde için % 4,4, dal için % 3,8, yaprak için % 19,1, toprak üstü için ise % 1,2 artış değerleri söz konusudur. Karbon miktarı tahmini denklemlerinde göğüs çapına ek olarak ağaç boyunun da yer alması denklemin standart hatasını da düşürmüştür. Çap ve boya bağlı biyokütle denklemleri logaritmik ölçekli olmadığından, karşılaştırmalar da logaritmik ölçekli olmayan çapa bağlı regresyon denklemleri ile yapılmıştır. Sonuç olarak; gövde için standart hata değeri 26,5 kg'dan 19,9 kg'a düşerken, yaprak için 2,2 kg'dan 2,0 kg'a bir azalış söz konusudur.

4.2.3. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Çalışma alanına ait toprak üstü tek ağaç bileşenlerinin karbon depolama miktarları ile bakı etmeni arasında % 95 güven düzeyine göre fark olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır.

Tablo 23. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Bakıya Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Karbon(kg)	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yaprak	Gruplar Arası	2,362	1	2,362	0,408	0,526 ^{NS}
	Gruplar İçi	306,788	53	5,788		
	Toplam	309,150	54			
Kabuk	Gruplar Arası	8,626	1	8,626	0,082	0,776 ^{NS}
	Gruplar İçi	5587,146	53	105,418		
	Toplam	5595,771	54			
Dal	Gruplar Arası	459,081	1	459,081	1,235	0,271 ^{NS}
	Gruplar İçi	19701,039	53	371,718		
	Toplam	20160,120	54			
Gövde	Gruplar Arası	1738,056	1	1738,056	0,260	0,612 ^{NS}
	Gruplar İçi	354682,90	53	6692,130		
	Toplam	356420,96	54			
Toplam	Gruplar Arası	4162,827	1	4162,827	0,426	0,517 ^{NS}
	Gruplar İçi	518208,70	53	9777,523		
	Toplam	522371,52	54			

*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

NS: 0,05 önem düzeyinde anlamsız

Yapılan varyans analizi sonucuna göre; toprak üstü tek ağaç bileşenlerinin karbon depolama miktarları ile bakı etmeni arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 23; Fhesap=0.408 ve $p>0.05$, Fhesap=0.082ve $p>0.05$, Fhesap=1.235 ve $p>0.05$, Fhesap=0.260 ve $p>0.05$, Fhesap=0.426 ve $p>0.05$).

4.2.4. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Çalışma alanına ait toprak üstü tek ağaç bileşenlerinin karbon depolama miktarları ile yükselti etmeni arasında % 95 güven düzeyine göre fark olup olmadığını bulmak için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır.

Tablo 24. Tek Ağaç Bileşenlerine İlişkin Karbon Depolama Miktarlarının Yükseltiye Göre Değişimini Gösteren Basit Varyans Analizi Sonuçları

Karbon(kg)	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi (P)
Yaprak	Gruplar Arası	66,450	2	33,225	7,119	0,002*
	Gruplar İçi	242,700	52	4,667		
	Toplam	309,150	54			
Kabuk	Gruplar Arası	487,963	2	243,982	2,484	0,093 ^{NS}
	Gruplar İçi	5107,808	52	98,227		
	Toplam	5595,771	54			
Dal	Gruplar Arası	1984,421	2	992,210	2,839	0,068 ^{NS}
	Gruplar İçi	18175,699	52	349,533		
	Toplam	20160,120	54			
Gövde	Gruplar Arası	89548,865	2	44774,433	8,724	0,001*
	Gruplar İçi	266872,09	52	5132,156		
	Toplam	356420,96	54			
Toplam	Gruplar Arası	113808,10	2	56904,052	7,242	0,002*
	Gruplar İçi	408563,42	52	7856,989		
	Toplam	522371,52	54			

*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

NS: 0,05 önem düzeyinde anlamsız

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; toprak üstü tek ağaç karbon bileşenlerinden kabuk ve dal hariç, gövde, yaprak ve toplamdaki karbon miktarlarının yükselti etmenine göre değişiminde % 95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 24; Fhesap=7.119 ve $p<0.05$, Fhesap=2.484 ve $p>0.05$, Fhesap=2.839 ve $p>0.05$, Fhesap=8.724 ve $p<0.05$, Fhesap=7.242 ve $p<0.05$).

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre belirlenen farklılıklardan homojen alt grupları belirlemek üzere; Duncan Posthoc testi yapılmıştır.

Yaprak bileşenine ait karbon miktarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 800-1000 m (ortalama= 2.29 kg) ve 400-600 m (ortalama= 3.20 kg) yükselteler aynı grupta yer almıştır. 600-800 m yükselti kuşağı farklı grupta yer almış ve anlamlı oranda daha yüksek karbon ortalamasına (ortalama= 4.98 kg) sahiptir (Tablo 25).

Tablo 25. Yaprak bileşenine ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
800-1000 m	19	2,2923	
400-600 m	19	3,2007	
600-800 m	17		4,9804
Önem Düzeyi (P)		,209	1,000

Gövde bileşenine ait karbon miktarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 400-600 m (ortalama= 95.41 kg) yükselti kuşağı diğer iki yükseltiden anlamlı oranda düşük karbon içeriğine sahiptir. 600-800 m (ortalama= 179.98 kg) ve 800-1000m (ortalama= 180.52 kg) yükselti kuşakları aynı grupta yer almış ve anlamlı oranda daha yüksek karbon ortalamalarına sahiptir (Tablo 26).

Tablo 26. Gövde bileşenine ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
400-600 m	19	95,4084	
600-800 m	19		179,9782
800-1000 m	17		180,5184
Önem Düzeyi (P)		1,000	,982

Toprak üstü toplam ağaç bileşenine ait karbon miktarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre; 400-600 m (ortalama= 132.05 kg) yükselti kuşağı diğer iki yükseltiden anlamlı oranda düşük karbon içeriğine sahiptir. 600-800 m (ortalama= 236.58 kg) ve 800-1000m (ortalama= 217.02 kg) yükselti kuşakları aynı grupta yer almış ve anlamlı oranda daha yüksek karbon ortalamalarına sahiptir (Tablo 27).

Tablo 27. Toprak üstü toplam karbon depolama miktarına ait Duncan Testi sonucu

Yükselti	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
400-600 m	19	132,0526	
800-1000 m	19		217,0237
600-800 m	17		236,5847
Önem Düzeyi (P)		1,000	,508

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkeli (Sinop) Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında toprak üstü biyokütle ve karbon depolama miktarları tespit edilmiştir. Elde edilen verilere dayalı olarak yapılan istatistiksel analizlerde değişik fonksiyonlar kullanılarak varyasyonu en iyi açıklayan denklemler ortaya konulmuştur.

Araştırma sahasındaki deneme ağaçlarında yapılan çalışmalarda biyokütle ve karbon miktarı değerleri çap ve boy gibi bağımsız değişkenler olarak ayrı ayrı incelenmiş, bağımlı değişken olarak seçilen tüm ağırlık, gövde ağırlığı, dal ağırlığı, yaprak ve kabuk ağırlıkları da yaş ve kuru ağırlıklar olarak belirlenmiştir. Ancak ağaçlara ait yaş ağırlıklar mevsimden mevsime değişiklik göstereceği için bu çalışmada ve hesaplamalarda ağaç bileşenlerinin sadece kuru ağırlıkları ele alınmış, bu değerler çeşitli fonksiyonlara göre bağımsız değişkenler ile toprak üstü biyokütle ile karbon miktarı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan denklemler ortaya konulmuştur.

Doğu kayını meşcerelerinin tek ağaç bileşenlerine ait biyokütle ve karbon depolama miktarlarının tahmini için, Sinop Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde toplam 55 adet örnek ağaç alınmıştır. Alınan bu örnek ağaçlar üzerinde yapılan çeşitli işlemlerden sonra biyokütle ve karbon depolama miktarlarına ait tabloların düzenlenmesinde, değişik modeller regresyon analizi yöntemiyle denenmiştir. Regresyon yöntemine göre, biyokütle ve karbon depolama miktarı ağırlık tablolarının oluşturulması için $d_{1.30}$ 'yi bağımsız değişken olarak kullanılan tek girişli, $d_{1.30}$ ve h 'yi bağımsız değişken olarak kullanılan çift girişli olmak üzere çeşitli biyokütle ve karbon depolama ağırlık modeli denenmiştir. Denenen bu biyokütle modelleri arasında çeşitli uygunluk ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmalar sonucu en uygun modeller belirlenmiştir.

5.1. Toprak Üstü Biyokütle Değerlerine İlişkin İrdeleme

Türkiye'nin yeryüzü şekli özellikleri ve bunların çeşitliliği ülke iklimini de etkilemektedir. Yeryüzü şekli-iklim ilişkisi, birbirinden farklı coğrafya bölgelerinin ve bu

bölgeler içinde farklı bölümlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu bölgesel farklar bitkilerin yayılışını ve bitki toplumlarının tür bileşimini kuvvetle etkilemektedir. Aynı şekilde bölgesel iklim farkları ülke topraklarının bölgesel özellikleri üzerinde de önemli etkiler meydana getirmektedir. Bütün bu bölgesel yeryüzü şekli, iklim, toprak farkları aynı sınıftaki bir arazide bölgeye göre farklı bitkilerin yetişmesine ve farklı verim sınıflarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Altun, 1995).

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında araştırma alanı değerlendirildiğinde; orman toplumlarının gerek yatay ve gerekse de dikey yayılışları arasında bonitet bakımından farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar toprak üstü biyokütle miktarlarına da yansımıştır.

Çalışma kapsamında doğu kayını ağaç bileşenlerine ait ortalama biyokütle değeri tek ağaçta en yüksek 314,4 kg ile gövde odununda tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla dal (54,2 kg), kabuk (30,2 kg) ve yaprak (7,46 kg) bileşenleri takip etmiştir.

Konu ile ilgili olarak kayın ekosistemlerinde yapılan benzer bir çalışmada, ağaç bileşenlerine ait ortalama en yüksek biyokütle değerlerinin (58,380 – 1358,284 kg) gövde odununda elde edildiği, bunu sırasıyla kabuk (3,557 – 89,142 kg), dal (0,719 – 44,452 kg) ve yaprak (0,442 – 1,806 kg) bileşeninin takip ettiği belirtilmiştir (Bulut, 2012). Bizim çalışmamızda en yüksekten en aza doğru takip edilen sırada dal odununa ilişkin biyokütle 2. Sırada yer alırken, yapılan benzer çalışmada 3.sırada yer almıştır. Diğer bileşenler arasında sıralama yönünden herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Makineci ve ark. (2011) tarafından Kırklareli ve Vize bölgesindeki meşe ekosistemlerinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmada; tek ağaç biyokütle bileşenlerinden biri olan kabuk oranı gruplar içerisinde en yüksek % 16 ile Kırklareli bölgesinde tespit edilmiş, bunu ise % 15 ile Vize bölgesi takip etmiştir. Benzer durumun yaprak oranlarında da gözlemlendiğine işaret edilmiştir. Aynı çalışmada kabuksuz gövde oranlarının % 59 ile % 65 arasında bir değişim gösterdiği belirtilmiştir. Diğer taraftan saf meşe meşcerelerinin ortalama toprak üstü toplam ağaç biyokütlesinin 80037,52 kg/ha olduğu tespit edilmiştir.

Sarıçam meşcereleri üzerinde yapılan bir çalışmada kabuklu gövde kütlelerinin toprak üstü ağaç biyokütlesine oranının Ç_sc3 meşcerelerinde % 80,9 olduğu, Ç_sc1 meşcerelerinde ise % 78,5'e düştüğü, benzer durumun d çağındaki meşcerelerde de görüldüğü, bunun meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, sarıçam meşcerelerinin ağaç biyokütlesi miktarlarının gelişim çağlarına göre farklılıklar gösterdiğine

işaret edilmiştir. Yapılan çalışmada a gelişim çağında toplam 16,1 ton/ha olan ağaç kütesinin, tam kapalı Ç,d3 meşcerelerinde 397,993 ton/ha'a ulaştığı belirtilmiştir (Çömez, 2010).

Meşcerelerin gelişimine paralel olarak ağaçların çap ve boy artımlarına sebep olmakta, dolayısıyla toprak üstü ağaç biyokütlesinin de artışı sağlanmaktadır. Bunun yanında meşcereyi oluşturan bireyler arasında ışık, su ve besin maddesi rekabeti meydana gelmekte, bu da birim alandaki ağaç sayılarının azalmasını ve aynı zamanda daha fazla büyümesini sağlamaktadır. Böylece birim alanda, kalın çaplı ve uzun boylu meşcerelerde, genç, ince çaplı ve kısa boylu meşcerelerden daha fazla biyokütle meydana gelmektedir.

Cienciala ve ark. (2006) sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, toprak üstü biyokütledeki ağaç bileşenlerinin toplam biyokütle oranlarını sırasıyla kabuksuz gövdede % 83.5, kabukta % 5.1, dalda % 7.2, ibrede % 2.1 ve kuru dalda ise % 1.7 olarak tespit etmişlerdir.

Belçika'da 10 yaşındaki sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, ağacın gövde, dal, ibre ve kök biyokütlesinin toplam biyokütle oranları sırasıyla % 33,9, % 25, % 22 ve % 19,2 olarak belirlenmiştir (Xiao ve Ceulemans, 2004).

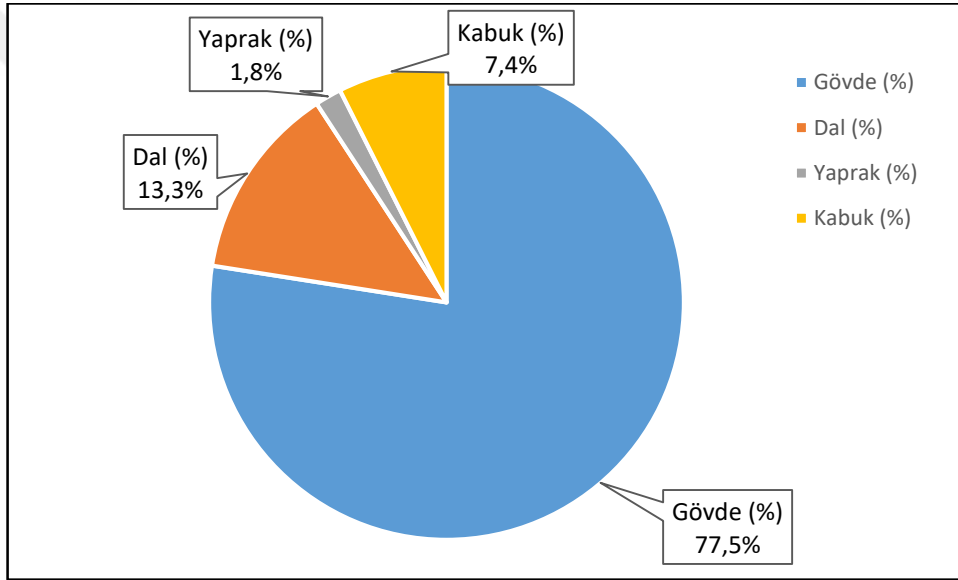
Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, tek ağaç bileşenlerine ait biyokütle değerlerinin toplamda 131,40kg ile 1725,04 kg arasında değiştiği, bu değerlere en büyük katkıyı gövde odununun yaptığı, bunu sırasıyla dal ve ibrenin takip ettiği ifade edilmiştir (Ülker, 2010).

Özkaya (2004) tarafından Artvin – Genya dağı ladin ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, tek ağaç biyokütle bileşenlerinin kuru ağırlıklarının tüm ağaç için 174,8 kg ile 1808 kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişim, ağaç biyokütle bileşenlerinden gövde de 157 kg ile 1601 kg, dalda 9,2 kg ile 125,5 kg, ibrede ise 5.9 kg ile 80.9 kg arasında yer aldığı belirtilmiştir. Bu sonuçlara dayanılarak tüm kuru toprak üstü biyokütlenin % 87,83' ünün gövde, % 7,40'ının dal odunundan ve % 4,77' sinin ise ibreden oluştuğu ifade edilmektedir.

Bülbül (2012) tarafından doğu ladini meşcerelerinde (KTÜ arş. Ormanı) gerçekleştirilen bir çalışmada, ağaç bileşenlerine ait kuru ağırlıklar tespit edilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde; kuru ağırlıklar içerisinde ortalama değer olarak en büyük paya gövde odununun (947.3475 gr) sahip olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla dal (339.8593 gr),

ibre (287.2593 gr), sürgün (184,5085 gr) ve kabuk (98.4441 gr) bileşenlerinin takip ettiği belirlenmiştir.

Toplam toprak üstü biyokütlenin en önemli bölümünü gövde odununun oluşturduğu ifade edilmektedir (Tolunay, 2009). Çalışmamızda elde edilen değerler incelendiğinde; bir kayın ağacının sahip olduğu toprak üstü biyokütlesinin % 77,5' i gövde odununda bulunmaktadır (Şekil 34). Bu sonuç literatürle uyum içerisindedir. Konu ile ilgili saf kayın meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, toprak üstü biyokütlesi içerisinde gövde odununun payı % 55,21 olarak tespit edilirken (Erkut, 2013), doğu ladini üzerinde yapılan diğer bir çalışmada ise bu değer ortalama % 87,83 olarak belirlenmiştir (Özkaya, 2004).



Şekil 34. Ağaçta depolanan toplam biyokütle miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı

5.1.1. Tek Girişli Biyokütle Tablolarının İrdelenmesi

Bu çalışma kapsamında tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı arasında ilişkiler belirlenmiş ve denklemler aşağıda verilmiştir.

$$Gövde_{kuru} = 377.343 - 39.431d_{1,3} + 1.346d_{1,3}^2$$

$$R^2=0.815 \text{ ve } S_{y.x}= 66.3 \text{ kg}$$

$$Dalkurua = \text{Exp}(6.03 - 49.412 / d_{1,3})$$

$R^2=0.332$ ve $Sy.x= 0.61$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

$$Yaprakkurua. = -2.647 + 0.415 d_{1,3}$$

$R^2=0.147$ ve $Sy.x= 4.8$ kg

$$Kabukkurua = \text{Exp}(4.945 - 52.178 / d_{1,3})$$

$R^2=0.521$ ve $Sy.x= 0.435$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

$$Toplamkurua. = 154.151 - 20.662 d_{1,3} + 1.113 d_{1,3}^2$$

$R^2=0.916$ ve $Sy.x= 52.0$ kg

Yukarıda verilmiş olan denklemler incelendiğinde; en yüksek belirtme katsayısı (R^2) toprak üstü toplam biyokütle miktarına ilişkin modelde elde edilmiştir (% 91,6). Diğer bileşenlere bakıldığında ise göğüs çapına göre gövdeye ait biyokütle değerini tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 81,5, Kabuğa ait biyokütle değerini tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 52,1, Dala ait biyokütle değerini tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 33,2 olarak elde edilmiştir. En düşük belirtme katsayısı ise yaprağa ait biyokütle değerinin belirlendiği modelde % 14,7 olarak belirlenmiştir.

Makineci ve arkadaşları (2011) tarafından Kuzey Trakya' da koruya tahvil meşe ekosistemlerinde yapmış oldukları çalışmada, meşeye ait tek ağaç toprak üstü biyokütlesi verilerine dayalı olarak geliştirilen regresyon modelinin belirtme katsayısını $R^2=0,961$ olarak tespit ederek, bu modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar vermişlerdir. Sonuç olarak, meşeye ait tek ağaç toprak üstü biyokütlesinin aşağıdaki regresyon denklemi ile tahmin edilebileceğini ifade etmişlerdir.

$$TTUB=(0,0977*(d_{1,3})^{2,563})*1,0351$$

Aynı çalışmada, tek ağaç bileşenlerinden olan kabuk biyokütlesinin tahmini için geliştirilen regresyon modelinin belirtme katsayısı $R^2= 0,928$ olup, bu biyokütle tahmininde kullanılacak regresyon denklemi;

$$KB=(0,0305*(d_{1,3})^{2,251})*1,0518 \text{ şeklinde belirlenmiştir.}$$

Diğer bileşenler olan, yaprak, dal ve kabuksuz gövde için belirtme katsayıları (R^2) sırasıyla 0,748, 0,863 ve 0,949 olarak belirlenmiştir. Bunlara ilişkin regresyon denklemleri ise;

$$YB=(0,0556*(d_{1,3})^{1,673})*1,1292,$$

$$DB=(0,0143*(d_{1,3})^{2,596})*1,148,$$

$$GB_{kbz}=(0,0342*(d_{1,3})^{2,767})*1,0599 \text{ olarak tespit edilmiştir.}$$

Bulut (2012) tarafından saf doğu kayını meşcerelerinde gerçekleştirilen çalışmada, en yüksek belirtme katsayısı ($R^2= 0,91$) tüm ağaç biyokütlesine ilişkin modelde elde edilmiştir. Diğer bileşenlere bakıldığında ise göğüs çapına göre gövdeye ait biyokütle miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 91, yaprağa ait biyokütle miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 84,3, kabuğa ait biyokütle miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 75,7 iken en düşük belirtme katsayısı ise daldaki biyokütle miktarını tahmin eden modelde elde edilmiştir (% 20,2).

Özkaya (2004) tarafından doğu ladini ormanlarında yapılan çalışmada, tüm kuru ağırlık ile çap arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem $0,95 R^2$ değeri ile Power (üs) fonksiyonu, en düşük düzeyde açıklayan denklem ise $0,81 R^2$ değeri ile logaritmik fonksiyon tarafından sağlanmaktadır. Bu ilişkinin denklemi $y=0,2973 d_{1,3}^{2,1381}$ dir. Diğer taraftan, kuru gövde ağırlığı ile $d_{1,30}$ çapı arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem $0,94 R^2$ değeri ile Power (üs) fonksiyonu, en düşük düzeyde açıklayan denklem ise $0,80 R^2$ değeri ile logaritmik fonksiyon tarafından verilmektedir. Bu ilişkinin denklemi $y= 0,2852 d_{1,3}^{2,1129}$ dir. Kuru dal ağırlığı ile $d_{1,30}$ çapı arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem $0,75 R^2$ değeri ile Power(üs) fonksiyonu, en düşük düzeyde açıklayan denklem ise $0,66 R^2$ değeri ile logaritmik fonksiyon tarafından sağlanmaktadır. Bu ilişkinin denklemi $y= 0,0099 d_{1,3}^{2,3505}$ dir . Kuru ibre ağırlığı ile $d_{1,30}$ çapı arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem $0,75 R^2$ değeri ile Power (üs) fonksiyonu, en düşük düzeyde açıklayan denklem ise $0,66 R^2$ değeri ile logaritmik fonksiyon tarafından verilmektedir. Bu ilişkinin denklemi $y= 0,0064 d_{1,3}^{2,3493}$ dür.

Karabürk (2011) tarafından Bartın ili göknar meşcerelerinde yapılan çalışmada, tek ağaç bileşenlerinden tüm ağaç fırın kurusu ağırlığı ile göğüs çapı arasındaki ilişkiyi yansıtan regresyon denklemi; $y= -24,7765+0,525998d^2$ olup bu denklem tüm ağaç kuru ağırlığındaki

değişimin % 98,7' sinin göğüs çapına bağlı olduğunu göstermektedir. Bu oran sedir için (Ülküdür, 2010) % 96' sı göğüs çapına bağlı olarak tespit edilmiştir.

Diğer bileşenler olan gövde odunu, gövde kabuğu, 4 cm'den büyük dal odunu, 4 cm'den büyük dal kabuğu, 4 cm' den küçük dal odunu, 4 cm' den küçük dal kabuğu, ibre, taç kuru ağırlığı ile göğüs çapı arasındaki ilişkiyi yansıtan regresyon denklemleri sırasıyla; $y = -28,6553 + 0,372705d^2$ $y = 0,042861 + 0,04161d^2$, $y = -723,008 + 213,8092 \ln d$, $y = -115,128 + 36,83597 \ln d$, $y = -44,1821 + 22,23076 \ln d$, $y = -13,965 + 7,211039 \ln d$, $y = -11,6672 + 1,275487d + 0,015577d^2$, $y = -37,568 + 3,757374d + 0,0495d^2$, olarak tespit edilmiştir. Bu bileşenlere ilişkin kuru ağırlıklardaki değişimin sırasıyla; % 97.9, % 96.1, % 53.1, % 18, % 51.2, % 55.9, % 85.8, % 84.5 oranında göğüs çapına bağlı olduğu belirlenmiştir. Ülküdür (2010) tarafından sedir için yapılan benzer çalışmada aynı bileşenler için kuru ağırlıklardaki değişimin sırasıyla; % 92, % 90, % 81, % 84, % 88, % 87, % 83, % 95 oranında göğüs çapına bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Sarıçam meşcereleri üzerinde yapılan bir başka çalışmada, biyokütle tablolarının düzenlenmesinde, regresyon analizi yöntemine göre, göğüs çapının bağımsız değişken olarak kullanıldığı tek girişli 9 adet biyokütle denklemi denenmiştir. Denenen bu biyokütle denklemleri arasında R^2 ve $S_{y,x}$ gibi uygunluk ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda; gövde ve tüm ağacın biyokütle tablolarının oluşturulmasında; $y = b_0 + b_1 * d_{1.3} + b_2 * d_{1.3}^2$ denklemi; dal ve ibre biyokütle tablolarının oluşturulmasında; $\ln y = \ln b_0 + \ln b_1 * d_{1.3}$ denklemi ve kabuk biyokütle tablolarının oluşturulmasında; $\ln y = \ln b_0 + b_1 * \ln d_{1.3}$ denklemi en iyi sonucu vermiştir (Ülker, 2010).

Saraçoğlu (1995) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi Doğu Kayını meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi adına yaptığı çalışmada, tek ağaç bileşenlerinin hektardaki değerleri yaş ve fırın kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi aritmetik orta ağacın $d_{1.3}$ çap değerlerinin eksenler üzerindeki dağılımlarını en iyi yansıtan model aşağıda verildiği gibi saptanmıştır:

$$\text{Log} (Y_{iYA}, Y_{iKA}) = a_0 + a_1 .(d_{1.3})_i + a_2 .(d_{1.3})_i^{-1}$$

Eşitlik katsayılarının ve istatistiklerinin hesaplanmasında en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra, bu eşitlik tek ağaç bileşenlerinin ve hektardaki değerlerin yaş ve fırın kuru ağırlıklarının tablolaştırılmasında kullanılmıştır.

Saraçoğlu (1988) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç meşcerelerinde yapılan çalışmada, Kızılağaçlar'ın kabuklu gövde hacmini, göğüs çapının (tek girişli) ya da

göğüs çapı ve boyunun (çift girişli) fonksiyonuna göre veren Kızılağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Bu amaçla 510 deneme ağacının verilerine dayalı Tek Girişli Gövde Hacim Tablosu için Kopezky-Gehrhardt hacim modeli kullanılırken,

$$V = b_0 + b_1 d^2$$

Çift girişli gövde hacim tablosu için 6 hacim modeli denenmiş ve en iyi sonucu veren ($R^2=0,992$) Schumacher-Hall hacim modeli seçilmiştir. 510 deneme ağacının gerçek hacimleri toplamı ile tablo hacimleri toplamı arasındaki fark ise, $0,728 \text{ m}^3$ olarak bulunmuştur.

$$V = a \cdot d^b \cdot h^c$$

Deneme alanları ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin karşılıklı ilişkilerini ortaya koymak için matematiksel yöntem kullanılmış, denklem katsayıları ile diğer istatistiklerin hesaplanmasında En Küçük Kareler Yöntemi uygulanmıştır.

Ayrıca, kızılağaç bileşenlerinin (gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar) ve tüm ağacın ortalama kuru ağırlığını veren Kızılağaç kuru ağırlık tabloları düzenlenmiştir. Bu amaçla 86 deneme ağacının verileri 5 biyokütle modeli ile denenmiş ve en iyi sonucu veren Alemdağ modeli uygulanmıştır.

$$KA (\text{Kuru Ağırlık}) = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h$$

5.1.2. Çift Girişli Biyokütle Tablolarının İrdelenmesi

1. Göğüs çapı ($d_{1.30}$) ve boy ile tek ağaç bileşenlerinden gövde odunu kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan regresyon denklemi;

$$Gövde(d, h) = -2418.2 + 102.1h + 13519.9 \frac{1}{h} + 755.1 \frac{h}{d} - 46.1 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.914 \quad S_{y.x}=46 \text{ kgp} < 0.001$$

Tek girişli ve çift girişli tek ağaç gövde odunu kuru ağırlık tabloları karşılaştırıldığında; Tek girişli tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 81,5'i göğüs çapına bağlı iken, çift girişli tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 91,4'ü çap ve boya bağlıdır. Ülküdür (2010) tarafından Antalya sedir meşcerelerinde yapılan çalışmada ise tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 95'inin çap ve boya bağlı olduğu tespit edilmiş olup,

Karabürk (2011) tarafından Bartın göknar meşcerelerinde yapılan bir başka çalışmada ise tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 98,9'unun çap ve boya bağlı olduğu belirlenmiştir.

2. Göğüs çapı ($d_{1.30}$) ve boy ile tek ağaç bileşenlerinden dal odunu kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan regresyon denklemi;

$$Dal(d, h) = 375.8 - 2550.9 \frac{1}{h} - 204.8 \frac{h}{d}$$

$$R^2=0.376 \quad Sy.x=36.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Tek girişli ve çift girişli tek ağaç dal odunu kuru ağırlık tabloları karşılaştırıldığında; Tek girişli tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 33,2'si göğüs çapına bağlı iken, çift girişli tek ağaç gövde odunu kuru ağırlığının % 37,6'sı çap ve boya bağlıdır. Ülküdür (2010) tarafından Antalya sedir meşcerelerinde yapılan çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden 4 cm den büyük dal odunu kuru ağırlığının %91,3'ü çap ve boya bağlı iken 4 cm den küçük dal odunu kuru ağırlığının % 91,9'u çap ve boya bağlı olduğu belirlenmiştir. Karabürk (2011) tarafından Bartın göknar meşcerelerinde yapılan bir başka çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden 4 cm den büyük dal odunu kuru ağırlığının % 88,3'ü çap ve boya bağlı iken 4 cm den küçük dal odunu kuru ağırlığının % 87,3'ü çap ve boya bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

3. Göğüs çapı ($d_{1.30}$) ve boy ile tek ağaç bileşenlerinden yaprak kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan regresyon denklemi;

$$Yaprak(d, h) = -1.17 + 1.351h - 1.007 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.334 \quad Sy.x=4.3 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Tek girişli ve çift girişli tek ağaç dal odunu kuru ağırlık tabloları karşılaştırıldığında; Tek girişli tek ağaç yaprak kuru ağırlığının % 14,7'si göğüs çapına bağlı iken, çift girişli tek ağaç yaprak kuru ağırlığının % 33,4'ü çap ve boya bağlıdır.

Ülküdür (2010) tarafından Antalya sedir meşcerelerinde yapılan çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden ibre kuru ağırlığının % 86,4'ü çap ve boya bağlı iken Karabürk (2011) tarafından Bartın göknar meşcerelerinde yapılan bir başka çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden ibre kuru ağırlığının % 89,1' çap ve boya bağlı olduğu belirlenmiştir.

4. Göğüs çapı ($d_{1.30}$) ve boy ile tek ağaç bileşenlerinden kabuk kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan regresyon denklemi;

$$Kabuk(d, h) = -564.1 + 15.2h - 4730.9 \frac{1}{d} + 5614.7 \frac{1}{h} + 454 \frac{h}{d} - 11.4 \frac{h^2}{d}$$

$$R^2=0.549 \quad Sy.x=7.7 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Tek girişli ve çift girişli tek ağaç kabuk kuru ağırlık tabloları karşılaştırıldığında; Tek girişli tek ağaç kabuk kuru ağırlığının % 52,1'i göğüs çapına bağlı iken, çift girişli tek ağaç kabuk kuru ağırlığının % 54,9'u çap ve boya bağlıdır. Ülküdür (2010) tarafından Antalya sedir meşcerelerinde yapılan çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden gövde kabuğu kuru ağırlığının % 92,5'i çap ve boya bağlı iken 4 cm'den büyük dal kabuğu kuru ağırlığının % 92,9'u ve 4 cm'den küçük dal kabuğu kuru ağırlığının % 94,1'i çap ve boya bağlı olduğu belirlenmiştir. Karabürk (2011) tarafından Bartın göknar meşcerelerinde yapılan bir başka çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden gövde kabuğu kuru ağırlığının % 98,5'i çap ve boya bağlı iken 4 cm'den büyük dal kabuğu kuru ağırlığının % 74'ü ve 4 cm'den küçük dal kabuğu kuru ağırlığının % 89,7'i çap ve boya bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Göğüs çapı ($d_{1.30}$) ve boy ile tek ağaç bileşenlerinden tüm ağaç kuru ağırlığı arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan regresyon denklemi;

$$Toprakustu(d, h) = -1925.8 + 76.7h + 7658.2 \frac{1}{d} + 8855 \frac{1}{h} + 0.467 d^2 - 20.58 \frac{h^2}{d} - 0.000174 d^2 h^2$$

$$R^2=0.963 \quad Sy.x=36.1 \text{ kg} \quad p<0.001$$

Tek girişli ve çift girişli tek ağaç dal odunu kuru ağırlık tabloları karşılaştırıldığında; Tek girişli tek ağaç tüm ağaç kuru ağırlığının % 91,6'sı göğüs çapına bağlı iken, çift girişlide tek ağaç tüm ağaç kuru ağırlığının % 96,3'ü çap ve boya bağlı olduğu tespit edilmiştir. Ülküdür (2010) tarafından Antalya sedir meşcerelerinde yapılan çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden tüm ağaç kuru ağırlığının % 97,1'i çap ve boya bağlı olup, Karabürk (2011) tarafından Bartın göknar meşcerelerinde yapılan bir başka çalışmada ise tek ağaç bileşenlerinden tüm ağaç kuru ağırlığının % 98,8'i çap ve boya bağlı olduğu belirlenmiştir.

Makineci ve ark. (2011), Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde yapmış olduğu çalışmada, tek ağaç toprak üstü biyokütleyi tahmin etmek için 345 göğüs çapı, boy

ve tek ağaç toprak üstü biyokütle verisiyle oluşturulan regresyon modelinin belirtme katsayısı $R^2=0,973$, standart hatası $Se=0,2189$ dir. Regresyon modelinin $F=12266,835$ olup, bu değere ait $p<0,001$ olduğundan dolayı regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tek ağaç toprak üstü biyokütle katsayıları belirlenen aşağıdaki regresyon denklemi ile tahmin edilmektedir.

$$TTUB=(0,0866*(d_{1,3}^2*h)^{0,894})*1,0242$$

Sadece çapa ve hem çap hemde boya göre oluşturulan regresyon denklemleri karşılaştırıldığında, çapın yanısıra boyun da dahil edildiği denklemin R^2 değeri daha yüksek, standart hatası daha düşük bulunmuştur.

Carus (1998) tarafından Batı ve Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki müdahale görmemiş, normal, saf ve aynı yaşlı Doğu kayını meşcerelerinde yapılan çalışmada, artım ve büyümenin 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 optimum 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 tablosu, bonitet dereceleri ve bir çift girişli (çap,boy) gövde hacim tabloları da yapılmıştır. Ağaçların gövde hacimleri, bilinen bazı hacim denklemi modelleri kullanarak, kabuklu göğüs çapları, boyları ile ilişkiye getirilmiştir. Burada Schumacher/Hall, Spurr, Naslund, A.W. Meyer, Ogaya, Takata ve Prodan'ın önerdikleri hacim denklemi modelleri denenmiştir. Ogaya'nın önerdiği model verilere en fazla uyum gösterdiğinden, gövde hacim tablosu yapımında bu model kullanılmıştır. Elde edilen regresyon denklemi, kabuklu göğüs çapı (d) cm. ve boy (h) m. Olarak alındığında, kabuklu gövde hacmini yerden uç tomurcuğa kadar m^3 olarak vermektedir. Ayrıca regresyon denklemlerine ait istatistiklerin güvenilirlik testleri de yapılmıştır.

Kabuklu göğüs çapı, boy ve kabuklu hacimlerden yararlanarak, istatistik yöntemle bulunan hacim regresyon denklemi, birçok model içerisinde seçilen OGAYA'nın modeli olmuştur.

$$V = d^2 * (a_0 + a_1 * h)$$

Hacim denklemlerinin korelasyon katsayısı (R=0,992) oldukça yüksek olup, bu katsayının t test değerleri % 0.1'lik kritik değerlerden oldukça büyüktür. Buna göre korelasyon katsayısının sıfır olması beklenmemelidir. Hacim denklemlerinin verilere uygunluğunun derecesini gösteren F test değeri de % 0.1'lik kritik değerden çok büyük olduğundan regresyon modelinin verilere diğer modellerden daha iyi uyduğu kabul edilmiştir.

5.1.3. Yükselti ve Bakıya Göre Biyokütle Miktarlarının İrdelenmesi

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; toprak üstü tek ağaç bileşenlerinden kabuk hariç yaprak, dal, gövde ve toplamdaki biyokütle miktarlarının yükselti etmenine göre değişiminde % 95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Bakıya göre biyokütle miktarında ise ağaç bileşenleri bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ağaç bileşenlerine ait biyokütle miktarları genel olarak 600-800m ve 800-1000m yükselti kuşakalarında 400-600m yükselti kuşağına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum düşük rakımlarda (400-600m) kuraklık etmenine bağlı olarak ortaya çıkmış olabilir. Çünkü kayın nem isteği yüksek bir ağaç türüdür. Diğer yandan, yükselti arttıkça (>1000m) büyüme periyodundaki kısıalma ve düşük sıcaklıkların kayın meşcerelerinin gelişimini olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Wardle 1984). Biyokütle üretimi bakımından çalışma alanında 600-800m kuşağının kayın meşcereleri için en uygun yetişme ortamı şartlarına sahip olduğu düşünülmektedir. Birçok çalışmada yükseltiye bağlı olarak meşcere gelişiminin değiştiği belirtilmektedir. Bazı çalışmalarda yükseltiye bağlı olarak meşcere gelişimi azalırken, bazılarında ise belli yükseltiye kadar artış gösterirken sonrasında azalmıştır (Saraçoğlu 1898, Kalay vd. 1993, Yavuz vd. 2004).

5.2. Toprak Üstü Karbon Değerlerine İlişkin İrdeme

Ormanlar atmosferdeki CO₂'i bağlayan en önemli ekosistemlerdir. Aynı zamanda ormansızlaşma adı verilen süreç ile de ormanlar CO₂ emisyon kaynağı da olabilmektedir. Bu

nedenle ormanların depoladıkları ya da yıllık olarak biriktirdikleri karbon miktarlarının belirlenmesi son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Kyoto Protokolü'ne göre Ek 1 listesinde yer alan ülkeler her yıl düzenli olarak ormanlarda biriktirilen karbon miktarı ile diğer sektörlerden (tarım, endüstri, atık vb.) salınan karbon miktarlarını Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Sekreteryasına sunmak zorundadır. Ülkemiz de 2006 yılından beri Ulusal Sera Gazı Envanteri olarak adlandırılan raporu BMİDÇS' ne göndermektedir. Ormanlarda ağaçlarda depolanan ya da yıllık olarak biriktirilen karbon miktarının hesaplanabilmesi için ağaçların bitkisel kütlelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tolunay (2009), tarafından sarıçamda yapılan bir çalışmada gövde biyokütlesinin, toplam biyokütlenin en önemli bölümünü oluşturduğu ifade edilmektedir. Buna bağlı olarak, karbonun depolandığı en önemli havuzun gövde odunu olduğu belirtilmektedir. Çalışmasında tek bir ağaç için toprak üstü karbonun % 70,2' sinin gövde odununda olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında, doğu kayını ağaç bileşenlerine ait karbon içeriği en yüksek % 47,8 ile gövde odununda daha sonrasında sırasıyla % 47,2 ile dalda, % 46,7 ile kabukta ve en az miktarda da %46 ile yaprakta bulunduğu belirlenmiştir.

Trakya yöresi meşe ekosistemlerinde yapılan bir başka çalışmada genel değerlendirme bakımından karbon içeriklerinin fazla değişken olmadığı ve genel ortalama değer itibariyle tüm ağaç bileşenlerinde % 49 olarak alınabileceği görülmüştür (Makineci ve ark. 2011).

Sarıçam meşcereleri üzerinde yapılan bir çalışmada, ağaçlarda toplam olarak depo edilen karbon miktarı 8,442 t/ha ile 207,777 t/ha arasında değişim göstermiştir. Meşceredeki ağaçların çapları ve boyları arttıkça ağaçlarda depolanan karbon miktarı da artmıştır. Yapılan silvikültürel müdahalelerle ağaçların ormandan çıkarılması sonucunda, meşcere kapalılığının azalması ile ağaç kütlelerinin, dolayısıyla karbon stoğunun azalmasına yol açmıştır. Görüldüğü gibi kabuklu gövdenin toplam karbon stoğundaki payı düşük, kökün payı daha yüksek bulunurken, ibre ve dalların oranları ise oldukça yakındır. Ormanın yaşına göre depoladığı karbon miktarı değişmektedir. Aynı şekilde kuru yetişme ortamlarında ormanlar yavaş yavaş gelişirken, nemli yetişme ortamlarında belli bir kütleye kuru yetişme ortamlarından daha kısa sürede sahip olmaktadır. Böylece, yetişme ortamı özelliklerinin ormanın karbon stoğu üzerindeki etkisi, yaştan daha baskın olabilmektedir. Ormanda ağaçlarda depolanan karbon stoğunda, ormanı oluşturan ağaçların çap ve boyları ile sayıların da etkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin, ince çaplı ağaçlardan oluşan Çsb3 meşcerelerinin

karbon miktarı (71,601 t/ha) ile kalın çaplı ağaçlardan oluşan Çsd1 meşcerelerinin karbon miktarı (66,927 t/ha) birbirine yakındır. Tek ağacın depoladığı karbon miktarı Çsb3 meşcerelerindeki ağaçlarda ortalama 28,875 kg/ağaç iken, Çsd1 meşcerelerindeki ağaçlarda ortalama 495,761 kg/ağaçtır. Toplam karbon stoğu meşcere tiplerine göre 129, 588 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 324,518 t/ha (Çsd3 meşcereleri) arasında değişim göstermiştir (Çömez, 2010).

Tolunay (2009) çalışmasında da ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri azalan oranlarda canlı dal>kuru dal>kabuk>ibre>gövde olarak sıralanmaktadır. Farklı ülkelerde yapılan araştırmalarda sarıçam türü için ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Aynı ağaç türünde ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri üzerinde analiz ve örnekleme metodları, meşcere yaşı, pedoklimatik koşullar ve orjin de etkili olabilmektedir. Ek olarak örnekleme zamanı da ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri üzerinde etkili olabilmektedir.

Güneybatı Çin'de tropikal orman ekosistemlerinde ağaç bileşenlerindeki karbon içeriğinin sırasıyla yaprakta % 41, dal odununda % 44, gövde odununda ise % 45 oranında olduğu belirlenmiştir (JW Tang ve diğ., 2012).

Kore çamı (*Pinus koreansis*) plantasyonlarında ise gövde odununda % 48,2, kabukta % 48,3, ibrede % 49,6 ve dal odununda % 50,8 oranında karbon depolandığı belirlenmiştir (Xiaodong Li ve diğ., 2011).

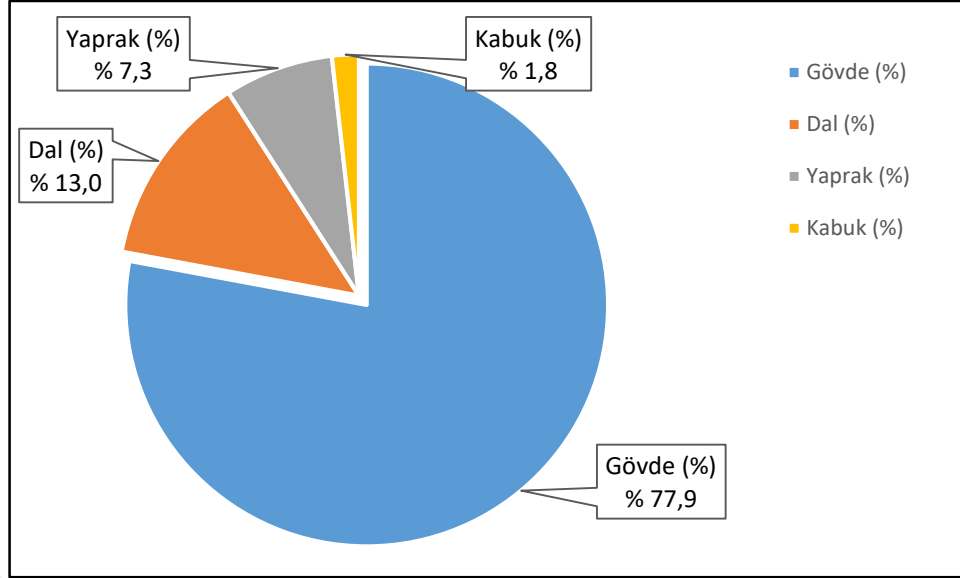
Yavuz ve diğ.(2010) tarafından sarıçam türünde yapılan çalışmada karbon içeriği en fazla ibrelerde (%53,4) birikirken, en az oranda ise kabukta (%5,6) olarak bulunmuştur.

Laiho ve Laine (1997) sarıçamda yaptıkları çalışmada, ibrede %53,8, kabukta %53,2, dal odununda %53,1, gövde odununda ise %51,8 oranında karbon bulunduğu belirlenmiştir (Tablo18).

Tablo 28. Benzer çalışmalara ilişkin karbon içeriği değerleri

	Ağaç Türü	Gövde (%)	Dal (%)	Yaprak (%)	Kabuk (%)
Laiho ve Laine (1997)	<i>Pinus sylvestris</i>	51.8	53.1	53.8	53.2
Ritson (2002)	<i>Pinus pinaster</i>	49.7	56.6	-	-
Peichl (2006)	<i>Pinus strobus</i>	47.0	49.0	51.0	46.0
Tolunay (2009)	<i>Pinus sylvestris</i>	51.2	54.7	53.02	53.5
Yavuz ve diğ. (2010)	<i>Pinus sylvestris</i>	47.0	49.0	51.0	46.0
Makineci ve diğ. (2011)	<i>Quercus L.</i>	49.0	49.0	49.0	48.0
Xiaodong Li.et. al. (2011)	<i>Pinus coreaensis</i>	48.2	50.8	49.6	48.3
Mısır ve diğ. (2011)	<i>Picea orientalis</i>	34.3	37.5	46.8	44.3
Mısır ve diğ. (2012)	<i>Abies nordmanniana S. Subsp. Bornmülleriana</i>	56.1	46.6	45.0	38.0
JW Tang et.al. (2012)	Tropikal ormanlar	45.0	44.0	41.0	-
Mısır ve diğ. (2013)	<i>Fagus orientalis</i>	43.81	45.34	44.38	44.53
Erkut S. (2013)	<i>Fagus orientalis</i>	46.15	47.71	46.46	45.64

Ağaç biyokütlesi içerisinde en büyük bölümü gövde odunu oluşturmaktadır. Bu nedenle, ağaçta depolanan toplam karbon miktarının da en büyük kısmı gövde odunu içerisinde yer almaktadır. Yapılan çalışma da bunu doğrular nitelikte olup, bir kayın ağacında depolanan toplam karbon miktarının % 77,9'unun gövde odununda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 35). Bu sonuç literatürle uyum içerisinde. Konu ile ilgili olarak doğu kayını meşcerelerinde yapılan bir çalışmada ağaçta depolanan karbonun %81,5'i gövde odununda yer alırken (Mısır ve diğ. 2013), meşe ekosistemlerinde yapılan diğer bir çalışmada ise bu değer ortalama %62 olarak belirlenmiştir (Makineci ve ark. 2012). Sarıçam türüne ilişkin ülke genelinde yaptıkları çalışmada Yavuz ve diğ. (2010), gövde odununda depolanan karbon miktarını % 62,2 olarak tayin ederken, Bolu' daki genç sarıçam meşcerelerinin karbon depolamasını çalışan Tolunay (2009), bu değeri %70,2 olarak elde etmiştir. Danimarka'da yapılan bir çalışmada ise batı ladini (*Picea abies*) ağaç türünde toplam toprak üstü karbon miktarının % 68,8 - %72,1'inin gövde odununda olduğu belirtilmektedir (Skovsgaard ve diğ., 2006). Finlandiya'da sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaç türünde yapılan diğer bir çalışmada ise gövde odununda depolanan karbon miktarı, toplam toprak üstü karbon miktarının % 45,4 - %73,1'i arasında olduğu tespit edilirken (Laiho and Laine, 1997), JW Tang ve diğ. (2012) tarafından Güneybatı Çin'de tropikal orman ekosistemlerinde yapılan çalışmada ise bu değer % 64,3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 35. Ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı

Lamlom ve Savidge (2003), tarafından Kuzey Amerika'da 41 ağaç türü için yapılan çalışmada, gövde odunu karbon içeriğinin ibrelî ağaç türlerinde % 46.3 ile % 49.9, yapraklı ağaç türlerinde ise % 47.2 ile % 55.2 arasında olduğu belirlenmiştir. İbrelî ve yapraklı ağaç türlerinde gövde odunundaki karbon içeriği arasındaki bu fark lignin içeriğinin ibrelî ağaç türlerinde yapraklı ağaç türlerine göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir.

5.2.1. Tek Girişli Karbon Tablolarının İrdelenmesi

Bu çalışma kapsamında tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs çapı arasında ilişkiler belirlenmiş ve denklemler aşağıda verilmiştir.

$$Govdekarbonu = 117.712 - 13.564d_{1,3} + 0.59d_{1,3}^2$$

$$(R^2=0.898 \quad Sy.x = 26.5 \text{ kg})$$

$$Dalkarbon = \text{Exp}(4.888 - 45.198 / d_{1,3})$$

$$R^2=0.26 \text{ ve } Sy.x= 0.663 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Yaprakkarbonu = -3.399 + 0.37d_{1,3} - 0.004d_{1,3}^2$$

$$(R^2=0.152 \quad Sy.x = 2.2 \text{ kg})$$

$$Kabukkarbon = Exp(4.142 - 51.665 / d_{1,3})$$

$R^2=0.500$ ve $Sy.x= 0.449$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

$$Toprakustukarbonu=0.057 d_{1,3}^{2.511}$$

$R^2=0.901$ ve $Sy.x= 0.167$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

Yukarıda verilmiş olan denklemler incelendiğinde; en yüksek belirtme katsayısı (R^2) toprak üstü toplam karbon miktarına ilişkin modelde elde edilmiştir (% 90,1). Diğer bileşenlere bakıldığında ise göğüs çapına göre gövdede depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 89,8, Kabukta depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 50, Dalda depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 26 olarak elde edilmiştir. En düşük belirtme katsayısı ise yapraktaki karbon miktarının belirlendiği modelde % 15 olarak belirlenmiştir.

Makineci ve ark. (2011), Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde yapmış olduğu çalışmada, meşeye ait tek ağaç toprak üstü karbon verilerine dayalı olarak geliştirilen regresyon modelinin belirtme katsayısını $R^2=0,961$ olarak tespit ederek bu modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar vermişlerdir. Sonuç olarak, meşeye ait tek ağaç toprak üstü karbon ağırlığının aşağıdaki regresyon denklemi ile tahmin edilebileceğini ifade etmişlerdir.

$$TTUC=(0,0466*(d_{1,3})^{2.574})*1,0353$$

Aynı çalışmada, tek ağaç bileşenlerinden olan kabuk karbon ağırlığının tahmini için geliştirilen regresyon modelinin belirtme katsayısı $R^2=0,926$ olup tek ağaç kabuk karbon ağırlığının tahmininde kullanılacak regresyon denklemi $KCA=(0,01458*(d_{1,3})^{2.249})*1,0536$ şeklinde belirlenmiştir.

Diğer bileşenler olan yaprak, dal ve kabuksuz gövde için belirtme katsayıları (R^2) sırasıyla; 0,750, 0.863 ve 0,944 olarak belirlenmiştir. Bunlara ilişkin regresyon denklemleri ise;

$$YCA=(0,02793*(d_{1,3})^{1.66})*1,1257,$$

$$DCA=(0,068*(d_{1,3})^{2.605})*1,149,$$

$$GCA_{kbz}=(0,0163*(d_{1,3})^{2.78})*1,061 \text{ olarak tespit edilmiştir.}$$

Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı saf kayın meşcerelerinde yapılmış olan çalışmada, en yüksek belirtme katsayısı değerine, ağaçta depolanan karbonu veren model (%91,6) sahiptir (Mısır ve diğ. 2013).

5.2.2. Çift Girişli Karbon Tablolarının İrdelenmesi

Bu çalışma kapsamında, tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) ve boyu arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve denklemler aşağıda verilmiştir.

$$Gövdec = -50.577 + 0.475hd - 0.136h^2$$

$$(R^2=0.942 \quad Sy.x =19.9 \text{ kg})$$

$$Dalc = 142.127 - 990.65/h - 0.75393h/d$$

$$(R^2=0.298 \quad Sy.x =16.5 \text{ kg})$$

$$Yaprakc = -0.6 + 0.634h - 0.473h^2/d$$

$$(R^2=0.343 \quad Sy.x =2,0 \text{ kg})$$

$$Kabukc = -15.569 + 1.849h - 0.804h^2/d$$

$$(R^2=0.320 \quad Sy.x =7.1 \text{ kg})$$

$$Topraküstüc = 4.146 + 0.394d^2 - 51.4d^2/h^2$$

$$(R^2=0.913 \quad Sy.x =29.1 \text{ kg})$$

Yukarıda verilmiş olan denklemler incelendiğinde; en yüksek belirtme katsayısı (R^2) gövdede depolanan karbon miktarına ilişkin modelde elde edilmiştir (% 94.2). Diğer bileşenlere bakıldığında ise göğüs çapına göre toprak üstünde depolanan toplam karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 91.3, yaprakta depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 34.3, kabukta depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 32 olarak elde edilmiştir. En düşük belirtme katsayısı ise daldaki karbon miktarının belirlendiği modelde %29.8 olarak elde edilmiştir.

Makineci ve diğ. (2011) tarafından meşe ekosistemlerinde yapılan çalışmada çapın yanısıra boyun da modele dahil edilmesi sadece tek ağaç toplam toprak üstü karbon ağırlığını tahmin etmede kullanılmıştır. Buradan yola çıkarak meşede tek ağaç toprak üstü karbon

ağırlığını tahmin etmek için 345 göğüs çapı, boy ve tek ağaç toprak üstü karbon ağırlığı verisiyle oluşturulan regresyon modelinin belirtme katsayısını $R^2=0,973$, standart hatasını $Se=0,2206$ olarak tespit ederek, bu modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar vermişlerdir. Sonuç olarak, meşeye ait tek ağaç toprak üstü karbon ağırlığının aşağıdaki regresyon denklemi ile tahmin edilebileceğini tahmin etmişlerdir.

$$TTUC=(0,0413*(d_{1,3}^2*h)^{0,897})*1,0246$$

Sadece çapa ve hem çap hemde boya göre oluşturulan regresyon denklemleri karşılaştırıldığında, boyun da dahil edildiği modelin R^2 değeri daha yüksek, standart hatası daha düşük bulunmuştur.

Şimdiye kadar yapılan çalışmaların tamamına yakınında tek ağacın karbon depolama miktarının hesaplanmasında bağımsız değişken olarak sadece çap kullanılmıştır. Ağaç boyunun modele dahil edilmesi modelin başarısını arttırmakla birlikte, ölçümü çok zaman almakta ve çoğu kez güvenilirlik düzeyi düşük ölçümler yapılmaktadır. Kullanılabilir ve başarısının yüksek olmasından dolayı sadece çapı bağımsız değişken olarak kullanan diğer bir ifade ile tek girişli karbon depolama denklemleri geliştirilmiştir (Mısır ve diğ. 2011). Ancak bizim yapmış olduğumuz çalışmada tek ağaç bileşenlerine ait karbon miktarı tahmini denklemlerinde göğüs çapına ek olarak boy değişkenine de yer verilmesi durumunda denklemlerin tahmin gücünde önemli artışlar ortaya çıkmış ve standart hataları düşmüştür. Bundan dolayı tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama miktarı tahmini denklemleri göğüs çapı ve boyunun dahil olduğu çift girişli tablolar olarak da düzenlenmiştir.

5.2.3. Yükselti ve Bakıya Göre Karbon Depolama Miktarlarının İrdelenmesi

Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; toprak üstü tek ağaç bileşenlerinden kabuk ve dal hariç yaprak, gövde ve toplamdaki karbon miktarlarının yükselti etmenine göre değişiminde % 95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Bakıya göre karbon miktarında ise ağaç bileşenleri bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ağaç bileşenlerine ait karbon miktarları genel olarak 600-800m ve 800-1000m yükselti kuşaklarında 400-600m yükselti kuşağına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum düşük rakımlarda (400-600m) kuraklık etmenine bağlı olarak meşcere gelişiminde meydana gelen

azalma ile ilgilidir. Karbon depolama bakımından çalışma alanında 600-800m kuşağının kayın meşcereleri için en uygun yetişme ortamı şartlarına sahip olduğu düşünülmektedir. Birçok çalışmada yükseltiye bağlı olarak meşcere gelişiminin değiştiği belirtilmektedir. Bazı çalışmalarda yükseltiye bağlı olarak meşcere gelişimi azalırken, bazılarında belli yükseltiye kadar artış gösterirken sonrasında azalmıştır (Saraçoğlu 1898, Kalay vd. 1993, Yavuz vd. 2004).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kayın için tek ağaçtaki biyokütle ve karbon depolama miktarlarının tahmini ve denklemlerinin geliştirilmesi için Sinop Orman Bölge Müdürlüğü, Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde 55 adet deneme alanı alınmıştır. Bu deneme alanlarından alınan 55 adet deneme ağacı verilerinden yararlanılarak kayın için fırın kuru ağırlık tabloları düzenlenmiştir. Biyokütle ve karbon depolama tablolarının düzenlenmesinde, değişik modeller regresyon analizi yöntemiyle denenmiştir. Regresyon yöntemine göre, biyokütle ağırlık tablosunun oluşturulması için $d_{1.30}$ 'yi bağımsız değişken olarak kullanılan tek girişli, $d_{1.30}$ ve h 'yi bağımsız değişken olarak kullanılan çift girişli olmak üzere çeşitli biyokütle ve karbon depolama denklemleri denenmiştir. Belirlenen biyokütle ve karbon depolama miktarlarının ardından denen bu biyokütle ve karbon depolama denklemleri arasında çeşitli uygunluk ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda en uygun denklemler belirlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda, Sinop Orman Bölge Müdürlüğü, Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinde ağaç bileşenlerine ait ortalama biyokütle değeri en yüksek 314,4 kg ile gövde odununda tespit edilmiş olup, bunu sırasıyla dal (54,2 kg), kabuk (30,2 kg) ve yaprak (7,46 kg) takip etmiştir.

Ağaç biyokütlesi içerisinde en büyük bölümü gövde odunu oluşturmaktadır. Şöyle ki; yapılan çalışmaya göre bir kayın ağacının sahip olduğu biyokütlenin % 77,5 'i gövde odununda bulunmaktadır. Bunu dal (% 13,3), kabuk (% 7,4) ve yaprağın (% 1,8) takip ettiği görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) arasında ilişkiler belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Gövdekurua = 377.343 - 39.431d_{1.3} + 1.346d_{1.3}^2$$

$$R^2=0.815 \text{ ve } S_{y,x}= 66.3 \text{ kg}$$

$$Dalkurua = \text{Exp}(6.03 - 49.412 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.332 \text{ ve } S_{y,x}= 0.61 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Yaprakkurua. = -2.647 + 0.415d_{1.3}$$

$R^2=0.147$ ve $Sy.x= 4.8$ kg

$$Kabukkurua = Exp(4.945 - 52.178 / d_{1.3})$$

$R^2=0.521$ ve $Sy.x= 0.435$ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)

$$Toplamkurua. = 154.151 - 20.662d_{1.3} + 1.113d_{1.3}^2$$

$R^2=0.916$ ve $Sy.x= 52.0$ kg

Ayrıca, tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) ve boyu (h) arasındaki ilişkiler tespit edilerek sonuç denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$Gövde(d, h) = -2418.2 + 102.1h + 13519.9 \frac{1}{h} + 755.1 \frac{h}{d} - 46.1 \frac{h^2}{d}$$

$R^2=0.914$ $Sy.x=46$ kg $p<0.001$

$$Dal(d, h) = 375.8 - 2550.9 \frac{1}{h} - 204.8 \frac{h}{d}$$

$R^2=0.376$ $Sy.x=36.7$ kg $p<0.001$

$$Yaprak(d, h) = -1.17 + 1.351h - 1.007 \frac{h^2}{d}$$

$R^2=0.334$ $Sy.x=4.3$ kg $p<0.001$

$$Kabuk(d, h) = -564.1 + 15.2h - 4730.9 \frac{1}{d} + 5614.7 \frac{1}{h} + 454 \frac{h}{d} - 11.4 \frac{h^2}{d}$$

$R^2=0.549$ $Sy.x=7.7$ kg $p<0.001$

$$Toprakustu(d, h) = -1925.8 + 76.7h + 7658.2 \frac{1}{d} + 8855 \frac{1}{h} + 0.467d^2 - 20.58 \frac{h^2}{d} - 0.000174 d^2 h^2$$

$R^2=0.963$ $Sy.x=36.1$ kg $p<0.001$

Çalışma kapsamında biyokütleyle bağlı olarak belirlenen karbon içerikleri içerisinde en yüksek paya % 47,8 ile gövde odunu sahip olurken, bunu sırasıyla % 47,2 ile dal, % 46,7 ile kabuk ve % 46 ile de yaprak takip etmiştir.

Ağaç biyokütlesi içerisinde en büyük bölümü gövde odunu oluşturmaktadır. Bu nedenle, ağaçta depolanan toplam karbon miktarının da en büyük kısmı gövde odunu içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmada bir kayın ağacında depolanan toplam karbon

miktarının % 77,9'u gövde odununda olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla dal (% 13), kabuk (% 7,3) ve yaprak (% 1,8) takip etmiştir.

Tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) arasındaki ilişkiler bu çalışma kapsamında belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Govdekarbonu = 117.712 - 13.564d_{1.3} + 0.59d_{1.3}^2$$

$$(R^2=0.898 \quad Sy.x = 26.5 \text{ kg})$$

$$Dalkarbon = \text{Exp}(4.888 - 45.198 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.26 \text{ ve } Sy.x= 0.663 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Yaprakkarbonu = -3.399 + 0.37d_{1.3} - 0.004d_{1.3}^2$$

$$(R^2=0.152 \quad Sy.x = 2.2 \text{ kg})$$

$$Kabukkarbon = \text{Exp}(4.142 - 51.665 / d_{1.3})$$

$$R^2=0.500 \text{ ve } Sy.x= 0.449 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

$$Toprakustukarbonu = 0.057d_{1.3}^{2.511}$$

$$R^2=0.901 \text{ ve } Sy.x= 0.167 \text{ kg (e tabanına göre logaritmik ölçekli)}$$

Diğer taraftan tek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ($d_{1.30}$) ve boyu (h) arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$Gövdec = -50.577 + 0.475hd - 0.136h^2$$

$$(R^2=0.942 \quad Sy.x = 19.9 \text{ kg})$$

$$Dalc = 142.127 - 990.65 / h - 0.75393 h / d$$

$$(R^2=0.298 \quad Sy.x = 16.5 \text{ kg})$$

$$Yaprakc = -0.6 + 0.634h - 0.473h^2 / d$$

$$(R^2=0.343 \quad Sy.x = 2,0 \text{ kg})$$

$$Kabukc = -15.569 + 1.849h - 0.804h^2 / d$$

$$(R^2=0.320 \quad Sy.x = 7.1 \text{ kg})$$

$$Topraküstüc = 4.146 + 0.394d^2 - 51.4d^2 / h^2$$

$$(R^2=0.913 \quad Sy.x = 29.1 \text{ kg})$$

Sonuç olarak, çalışma alanında yayılış gösteren doğu kayını ağaç türü için biyokütle ve karbon depolama tahmin denklemleri düzenlenmiş olmaktadır. Bu denklemler yardımı ile doğu kayını bileşenlerinin ve tüm ağacın kuru ağırlık ve depolanan karbon değerleri tek girişli ve çift girişli denklemler sayesinde, çap ve boyun fonksiyonu olarak bulunabilmektedir.

Toprak üstü tek ağaç bileşenlerinden kabuk hariç yaprak, dal, gövde ve toplamdaki biyokütle miktarlarının yükselti etmenine göre değiştiği, bakıya göre ise biyokütle miktarında ağaç bileşenleri bakımından anlamlı farklılıklar bulunmadığı belirlenmiştir. Bu durum yükseltiye göre değişen yetiştirme ortamı özellikleri ile ilişkilidir.

Toprak üstü tek ağaç bileşenlerinden kabuk ve dal hariç yaprak, gövde ve toplamdaki karbon depolama miktarları 600-800m ve 800-1000m yükseltelerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bakıya göre ise biyokütlerde olduğu gibi karbonda da anlamlı bir farklılık belirlenememiştir.

Ticari amaçlar için ağacın yalnız kerestelik gövdesi alınmakta, tepe bölümü genellikle ormanda bırakılmaktadır. Kerestelik olmayan bu tepe bölümünün bir enerji kaynağı olarak oranının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle gövdenin kerestelik ve kerestelik olmayan bileşenlerinin fırın kuru ağırlık yüzdeleri farklı yöntemlerle hesaplanmıştır.

Endüstrilemiş ülkeler iyi özellikteki ormanlarında bile, tek ağacın kullanılabilir gövde odunu ile birlikte dal, kabuk, yaprak ve kök gibi artıkların boyutlarını ağaç türlerine göre saptayarak üretim süreçlerinde değerlendirirken, ülkemizde uygulanan orman işletmeciliği ile, yalnız ağacın kabuksuz gövde odunu istihsal edilmekte ve ağacın diğer bileşenleri orman içerisinde çürümeye bırakılarak büyük bir servet kaybına neden olmaktadır. Bu kaybın Doğu Kayını'ndaki durumunu ortaya koymak için, 55 deneme ağacının verilerine göre hesaplanan sonuçlardan yararlanılmıştır. Kabuksuz fırın kuru kerestelik gövde odunu dışında ormanda bırakılan fırın kuru ağaç bileşenleri miktarının, toplam ağaç ağırlığının % 22,6'sını oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, gelecek yıllarda ormanda bırakılan ağaç bileşenlerinin değerlendirilmesinin ne kadar büyük önem kazanacağını göstermektedir.

Bu çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de biyokütle ve karbon depolama tahmin denklemlerinin ormancılığımız açısından büyük öneme sahip olan, Hasılat, amenajman, orman envanteri, işletme ekonomisi ve ağaç teknolojisi gibi çeşitli bilim dallarına ciddi mana da katkılar sağlayacak olmasıdır.

Çalışma kapsamında çeşitli bağımsız değişkenler kullanılarak elde edilen biyokütle ve karbon depolama denklemlerinin her biri, denklemlerden bağımsız bir veri grubu ile (kontrol verileri) denetlenmiş ve 0,05 önem düzeyi ile seçilen tüm biyokütle ve karbon depolama denklemlerinin örnek ağaçların seçildiği bölge için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bugün ülkemizin orman rejimi içinde gözükken, fakat ilk planda büyük ölçüde ağaçlandırma çalışmaları ile üretken hale sokulması beklenen 10,1 milyon ha bozuk ve çok bozuk orman sahası bulunmaktadır. Ayrıca tarımsal kullanıma uygun olmayan 6 milyon ha arazi de büyük ölçüde ağaçlandırma sahalarına ayrılması gerekmektedir. Başta kağıt ve diğer orman endüstrisi olmak üzere ülke endüstrisinde hızla büyüyen odun hammaddesi açığının giderilmesi yanında biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin artırılması, bu ağaçlandırma çalışmalarından beklenmektedir. Bu durumda çıkar yol olarak, verimsiz orman alanlarının kısa sürede ağaçlandırılarak verimli ormanlara dönüştürülmesi ve hızlı gelişen yerli ve yabancı ağaç türlerine öncelik verilmesi gerekmektedir. Böylece ağaçlandırılması gereken alanların odun hammaddesi üretilebilir konuma getirilmesi, diğer bir anlatımla karbon depolayabilir hale getirilmesi sağlanmış olur. Bu çalışmalarla Türkiye ormanları doğal sınırlarına ulaştırılabilir. Böylece, ormanları verimli duruma getirmek ve ormanların devamlılığını sağlamakla odun hammaddesi ihtiyacı karşılanabilir, tarım alanlarını sellerin tahribinden, barajları dolmaktan koruyabilir, barajların korunması ile daha geniş alanda sulu tarım yapılabilir, sanayileşmemiz için ucuz elektrik enerjisi üretebilir, her şeyden önemlisi atmosferdeki konsantrasyonuna bağlı olarak zararlı etkiler meydana getirebilecek olan CO₂ bağlayarak bu zararlı etkileri minimize edilebilir.

Ülkemizdeki orman alanları 22,3 milyon ha (% 28,6) civarındadır. Karasal biyoçeşitliliğin önemli bir kısmı orman alanları içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla ormanlarımız karasal karbon depolama kapasitesinin önemli bir bölümünü teşkil etmektedir. İşte bundan dolayıdır ki, ormanlar gerek ülkemiz ve gerekse de dünyamız ikliminin düzenlenmesinde önemli fonksiyonlar üstlenmektedir.

Türkiye'nin arazisi birbirinden farklı coğrafya bölgelerinin ayırt edilmesini sağlamıştır. Bu coğrafya bölgelerinin birbirinden çok farklı olan ekolojik özellikleri yüksek bir biyolojik çeşitliliği, ürün çeşitliliğini ve üretim kapasitesini sağlamaktadır. Bu durumu ile Türkiye çok farklı ekolojik sistemlerin bir arada bulunduğu bir ekosistemler birliğidir.

Türkiye'de gözlenen bir yapı iklim özelliklerine de yansımıştır. Atmosfere salınan CO₂ miktarının artması sonucu meydana gelebilecek küresel ısınmaya bağlı olarak

oluşabilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenebilecek ülkelerden birisi de ülkemiz olacaktır. Üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların Karadeniz ve Akdeniz’ de denizlere paralel, Ege’ de dik konumda olması Türkiye’ de farklı iklim tiplerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla olası bir iklim değişiminden farklı iklim tiplerinin farklı şekilde etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle ülkemizdeki ağaç türlerimize ait karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Elde edilecek veriler; bir taraftan mevcut ormanlarımızın potansiyel karbon depolama kapasitelerinin hesaplanmasına yardımcı olurken, diğer taraftan da planlama ünitelerinde gerçekleştirilecek olan çalışmaların (bakım, silvikültürel müdahale) karbon depolama kapasitelerini nasıl etkilediğini en hızlı ve pratik şekilde belirlemeye katkı sağlayacaktır.

Türkiye’ de mevcut ormanların korunması, tekniğine göre işletilmesi, bozuk ormanların rehabilite edilmesi, ağaçlandırmaya konu olan alanların ağaçlandırılması, kaçaklığın önlenmesi ve orman alanlarının açmacılığa karşı korunması sera gazı emisyonlarını engellemektedir. Engelledikleri sera gazı miktarı kadar karbon sertifikası/finansı kazanmaktadır. Türkiye ormanlarının karbon piyasasında toplamda yıllık yaklaşık kaç milyon ton karbondioksit (CO₂) eşdeğeri emisyon azaltımı ve karşılığında kaç milyon dolar karbon finansı gerçekleştirdiğinin ortaya konulmasında bu çalışmada elde edilen verilerden yararlanılacak olması, bu çalışmanın en önemli kısmını teşkil etmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Ablan, D.H., Perala, D.A. ve Schlaegel, B.E., 1978. Biomass and Nutrient Distribution in Aspen, Pine and Spruce stands on the same Soil Type in Minnesota, Canadian Journal of Forest Research, 8, 290-299.
- Akalan, I., 1985. Tükenebilir Enerji Kaynakları Karşısında Biomass, Tabiat ve İnsan, 19, 3, 5-13.
- Altun, L., 1995. Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi Ormanüstü Serisinde Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Ayrılması ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alemdağ, Ş., 1980. Manual of data Collection and Processing for the Development of Forest Biomass Relationships. Petawawa Natl. For. Inst., Can. For. Serv., Inf. Rep. PI-X-4.
- Anonim, 2000. Sekizinci 5 Yıllık Kalkınma Planı, İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Anonim, 2015. Orman Varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Atıcı, E., 1998. Değişik Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme . Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, F.B.E., İstanbul.
- Atalay, İ., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transferi Yönünden Bölgelere Ayrılması. Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Yayın no: 5. Ankara
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Danton, S.R. and Spurr, S.H., 1998. Forest Ecology. 4 th Edition. John Wiley and Sons, New York.
- Bayraktar, F., 2015. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) 'nda Bazı Fizyolojik Özelliklerin Yükseltiye Bağlı Olarak Değişiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, F.B.E., Artvin.
- Binbaşaran Tüysüzoğlu, B., 2005. "Ekosistem ve Döngüler"
- Brown, S., 1982. Lugo, A.E., The Storage and Production of Organic Matter in Tropical Forests and Their Role in the Global Carbon Cycle. Biotropica. 14, 3, 161-187.
- Bulut, A., 2012. Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Üç Farklı Uydu Görüntüsü Kullanılarak Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Örneği). Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Bülbül, E., 2012. K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Canan, Ö. ve Özalp, G., 1987. Biyokütle olarak doğal baltalıklar ile ilgili araştırmalar. OAE Dergisi, 65, 33, 33-68.
- Carus, S., 1998. Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Casper, B.B. and Jackson, R.B., 1997. Plant competition underground. *Annul Review of Ecology and Systematics*, 28, 545-570.
- Cienciala ve ark., 2006. Biomass Functions Applicable to Scots Pine, *Trees*, 20, 483-495.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 111sf.
- Çömez, A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğan, N., 2010. Düzce Yöresinde Yetişen Uludağ Göknaarı'nın (*Abies nordmanniana* (stev.) Spach. ssp. *Bornmülleriana* (Mattf.) Code et Cullen) Çapa Bağlı Biyokütle Denklemi ile Diri odun- Yaprak Yüzey Alanı İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, F.B.E., Düzce.
- Doucet, R., Berglund, J.V. ve Farnsworth C.E., 1976. Dry matter production in 40-year-old *Pinus banksiana* stands in Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 6, 3, 357-367.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Durkaya, B. ve Durkaya, A., 2008. Türkiye Toprak Üstü Tek Ağaç ve Meşcere Biyokütle Tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10, 13.
- Erkut, S., 2013. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Saf Kayın Meşcerelerinin Ekosistem Bazında Karbon Depolama Kapasitesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erinç, S., 1984. Klimatoloji Metodları, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No:2, İstanbul.
- Fırat, F., 1972. Orman Hasılat Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:166.

- Gerwing, J.J. ve Farias, D.L., 2002. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of total aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 16, 3, 327-335.
- Güner, M., 1997. Türkeli Orman İşletmesi Kazköy Yöresinde Kayın-Gökmar Karışık Meşcerelerinin Yayılışı ve Bazı Silvikültürel Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güney, D., 2009. Doğu Kayını'nda (*Fagus orientalis* Lipsky.) Bazı Coğrafik Varyasyonların Morfogenetik Olarak Belirlenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güvendi, E., 2013. Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Sınırları İçerisinde Doğal Olarak Yayılış Gösteren Saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojik Tabanlı Mutlak İdare Sürelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hall, L.J., Skakun, R.S., Arsenault, E.J. ve Case, B.S., 2006. Modeling forest stand structure attributes using landsat ETM+data; application to mapping of aboveground biomass and stand volume. *Forest Ecology and Management*, 225, 378-390.
- İkinci, O., 2002. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşcereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 135 s.
- Kalay, H. Z., Yavuz, H., Karagül, R., Altun, L. ve Tüfekçioğlu, A., 1993. Kızılçamın Orta Karadeniz Bölümü Arazisinde Dikey ve Yatay Yayılışının Bitki Kuşakları ve Türleri Bakımından Ekolojik İncelenmesi. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Marmaris, 117-128.
- Kantarci, M.D., 1973. Orman Ağaçlarının Kök Profillerinin Açılması. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, İstanbul, 23, 2, 98-107.
- Kantarci, M.D., 1980. Belgrad Ormanı Toprak Tipleri ve Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Haritalanması Esasları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Yayın No: 2636, Orman Fak. Yayın No: 275, İstanbul.
- Karabürk, T., 2011. Bartın ili Gökmar Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, F.B.E. Bartın.
- Loetsch, F. ve Zöhrer, F., 1973. Forest Inventory. Volume II. BLV Verlagsgesellschaft MBH, München.
- Laar, A. ve WS. Lill., 1978. Biomass study in *Pinus radiata* D: Don, Department of Forestry, Stellenbarch.
- Metheven, I., 1983. Tree biomass equations for young plantations grown red pine (*Pinus resinosa*) in the maritime lowlands ecoregion, Can. For. Serv., Inf. Rep. M-X—147.

- Mısır, N., Mısır, M., ve Ülker, C., 2011. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı: 300-305.
- Macaroğlu, K., 2011. Bartın Yöresi Karışık Meşcerelerinin Biyokütle ve Karbon Depolama Kapasitelerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Maclean, D.A., ve Wain, W., 1976. Biomass of Jack pine and mixed hardwood stands in northeastern new brunswick. Canadian Journal of Forest Research. 6, 441-447.
- Muukkonen, P., ve Heiskonen, J., 2006. Biomass estimation over a large area based standwise forest inventory data and aster and modis satellite data: a possibility to verify carbon inventories. Remote Sensing of Environment, 107, 12-624.
- Makineci ve diğ., 2011. Kuzey Trakya Koruya Tahvil Meşe Ekosistemlerinde Sağlık Durumu, Biyokütle, Karbon Depolama ve Faunistik Özelliklerin Belirlenmesi, Proje No: 1070750, Mayıs, İstanbul.
- Nadelhoffer, K.J. ve Ark., 1985. Fine roots, net primary production and soil nitrogen availability, a new hypothesis, Ecology 66, 1377-1390.
- Okatan, A., 1987. Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası Alpin Meralarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri ile Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 664, Seri No: 62.
- Odewald, R.G., ve Yaussy, D.A., 1980. Main Stem Green And Dry Weights of red oak, White oak and maple in the Appalachian Region of Virginia, Virginia Polytechnic Institute and State University, School of Forestry and Wildlife Resources, 3, 80, 34.
- Özkaya, M.S., 2004. Artvin –Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini Ormanlarında Toprak Üstü Biyokütlenin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kafkas Üniversitesi, F.B.E., Kars.
- Özçelik, R. ve Eraslan, T., 2011. Two-stage Sampling to Estimate Individual Tree Biomass. Turk J Agric For 36 (2012) 389-398. TÜBİTAK.
- Pellinen, P., 1985. Notwendigkeit und Probleme der Biomassenermittlung. Allg. Forest. U. J. Ztg., 141-143.
- Pehlivan, S., 2014. Türkiye’deki Bitkisel Kütle Çalışmalarının Değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Isparta, Bildiriler Kitabı: 683-692.
- Roulet, N.T. ve Freedman, B., 2003, What Trees Can Do to Reduce Atmospheric CO₂, Tree Canada Foundation, Ontario.
- Sharma, S.C. ve Srivastava, VK. 1984. Biomass Production in Age Series of Pinus patula Plantation in Tamil Nadu, Indian Forester.
- Saraçoğlu, N., 1992, Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.

- Saraçoğlu, N., 1988. Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaestn Subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Biyokütle Tabloları.
- Saraçoğlu, Ö., 1989. Değişik Yaşlı Gökmar Meşcerelerinde Bonitet ve Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasında İkili İlişkiler. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, A-39, 2, 122-138.
- Sakıcı, O.E., Ercanlı, İ. ve Kahriman, A., 2004. Klasik Biyokütle Tahmin Yöntemleri ve Yeni Yaklaşımlar. Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 2004, 3-4, 165-171.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Özer, E., 1980. Kızılcım (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlelerin Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi. No:104, 32 s.
- Suzuki, E. ve Tagawa, H., 1983. Biomass of a Mangrove Forest and a Sedge Marsh on Ishigaki island, South Japan. Japanese Journal of Ecology, 33, 2, 231-234.
- Saraçoğlu, N., 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, İstanbul, 312 s.
- Saraçoğlu, N., 1992. Kayın Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 93-100.
- Steininger, M.K., 2000. Satellite Estimation of Tropical Secondary Forest Above-Ground Biomass: Data From Brazil and Bolivia. International Journal Remote Sensing, 21, 6-7, 1139-1157.
- Schrötter, H., 1983. Weldbaulich- Ertragskundliche Untersuchungen an Weisserle (*Alnus incana* (L.) Moach) in Jungpleistozan Der DDR, Beiträge F.D. Forstw., 17, 2, 89-101.
- Sun, O. ve Araslı, B., 1976. Stepe Geçiş Yörelerindeki Sarıçam Meşcerelerinde Biyolojik Kütlelerin Saptanması, OAE Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No. 80, 27 s.
- Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Çetiner, G. 2006. "İklim Değişikliğinin Bilimsel Değerlendirmesi" Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, PK 401, Ankara.
- Türkeş, M. 1998. "Küresel Isınma Rekor Kırıyor", TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 370, 20-21, Ankara.
- Tüfekçioğlu, A., Raich J.W., Isenhardt T. and Schultz R.C., 2001. Above-and Belowground Net Primary Production and Nitrogen Dynamics in Adjacent Switchgrass and Cool-season Grass Riparian Filter Strips in Iowa, USA.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S. and Tilki, F., 2004. Thinning Effects on Production, Root Biomass and Soil Properties in a Young Oriental Beech Stand in Artvin, Turkey. Journal of Environmental Biology, 26, 1-5.

- Tüfekçioğlu, A., Yüksek, T. ve Kalay, H.Z., 2002. Gümüşhane İli Torul ilçesi Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Biyokütle ve Bazı Toprak Özellikleri Yönünden İncelenmesi.
- Tolunay, D., 2009. Total Carbon Stocks and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey. Turk J Agric For 35, 265-279. TÜBİTAK.
- Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi (Kunduz Örneği). Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ülküdür, M., 2010. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, F.B.E., Bartın.
- WMO, 1998. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1997, WMO-No.877, World Meteorological Organization.
- Wardle, J.A., 1984. The New Zealand Beeches. New Zealand Forest Service, Christchurch, New Zealand.
- Xiao, C.W. ve Ceulemans, R., 2004. Allometric Relationships For Below-and Aboveground Biomass of Young Scots Pines, Forest Ecology and Management, 203, 177-186.
- Yağcı, V., 2010. Hopa Cankurtaran Mevkiindeki Sık ve Seyrek Yetiştirilen ve İlk Aralama Çağına Gelen Doğu Kayını Meşcerelerinin Biyokütle Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, F.B.E., Artvin.
- Yavuz, H., Mısır, N. ve Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Proje No: TOGTAG-2747, 223s, Trabzon.
- Yılmaz, M., 2005. Doğu Karadeniz Bölümü Saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ekosistemlerinde Kimi Ortam Etmenlerinin Kayının Gelişimine (Verimliliğine) Etkileri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, F.B.E., Trabzon.
- Yılmaz, M., 2005. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Tohumlarının Fizyolojisi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, K.T.Ü., F.B.E., Trabzon.

8. EKLER



Ek Tablo 1. Araştırma alanına ait karbon verileri

Örnek Alan No	GÖVDE ODUN AĞIRLIK (kg)	GÖVDE ODUN % C	GÖVDE ODUN C AĞIRLIK (kg)	GÖVDE KABUK AĞIRLIK (kg)	GÖVDE KABUK % C	GÖVDE KABUK C AĞIRLIK (kg)	DAL ODUN AĞIRLIK (kg)	DAL ODUN % C	DAL ODUN C AĞIRLIK (kg)	DAL KABUK AĞIRLIK(kg)	DAL KABUK %C	DAL KABUK C AĞIRLIK (kg)	(GÖVDE+DAL) KABUK C AĞIRLIK (kg)	KURU YAPRAK AĞIRLIK (kg)	YAPRAK % C	YAPRAK C AĞIRLIK (kg)	TOPLAM C (kg)
179 (1)	525,302	47,717	250,659	22,796	46,992	10,712	75,801	46,025	34,887	36,929	47,527	17,551	28,264	14,153	47,599	6,737	320,547
180 (2)	589,209	48,27	284,411	39,800	47,9	19,064	82,458	49,313	40,663	11,809	49,575	5,855	24,919	6,446	47,414	3,056	353,049
181 (3)	316,646	48,827	154,609	19,640	48,938	9,611	33,723	48,844	16,472	18,990	49,102	9,324	18,936	9,822	44,701	4,391	194,407
182 (4)	902,995	48,9	441,565	35,053	48,036	16,838	56,145	48,773	27,384	12,717	48,237	6,134	22,973	4,924	44,005	2,167	494,088
183 (5)	423,692	48,459	205,317	27,088	48,557	13,153	40,157	49,113	19,722	11,010	49,512	5,451	18,604	2,923	44,595	1,303	244,946
184 (6)	170,994	49,182	84,098	10,352	48,25	4,995	22,164	51,401	11,393	3,134	46,841	1,468	6,463	6,224	51,200	3,187	105,141
185 (7)	412,284	50,186	206,909	20,351	42,612	8,672	74,008	47,378	35,063	7,555	47,64	3,599	12,271	6,270	48,127	3,017	257,261
186 (8)	135,433	44,858	60,753	8,880	44,401	3,943	14,590	45,1	6,580	2,366	47,614	1,127	5,070	2,249	44,721	1,006	73,408
187 (9)	281,351	49,442	139,105	18,152	45,884	8,329	35,407	49,558	17,547	6,486	47,19	3,061	11,390	5,532	45,305	2,506	170,548
188 (10)	301,545	48,945	147,591	21,896	47,318	10,361	40,605	50,381	20,457	9,265	49,096	4,549	14,910	9,634	45,549	4,388	187,347
189 (11)	202,671	48,873	99,051	12,428	46,08	5,727	28,145	47,403	13,342	3,391	46,18	1,566	7,293	0,982	44,755	0,439	120,125
191 (12)	200,050	48,874	97,773	17,142	46,641	7,995	14,742	49,675	7,323	2,655	48,101	1,277	9,273	2,053	45,588	0,936	115,304
192 (13)	280,056	48,215	135,029	18,359	47,689	8,755	54,546	48,945	26,698	13,253	45,559	6,038	14,793	11,625	44,430	5,165	181,685
193 (14)	383,676	49,386	189,482	25,089	47,344	11,878	44,965	48,279	21,709	6,674	47,136	3,146	15,024	1,808	46,930	0,848	227,063
194 (15)	348,473	49,37	172,041	19,203	43,642	8,380	21,185	46,62	43,877	2,071	43,116	0,893	9,273	1,991	45,966	0,915	192,106
195 (16)	355,817	42,182	150,091	22,216	43,123	9,580	29,621	44,979	13,323	5,499	44,608	2,453	12,033	3,000	47,614	1,428	176,876
196 (17)	196,365	44,007	86,414	7,399	42,126	3,117	11,811	45,04	5,320	2,156	43,643	0,941	4,058	1,525	48,340	0,737	96,529
197 (18)	431,047	48,966	211,067	4,947	47,289	2,339	5,766	50,173	2,893	0,785	49,882	0,392	2,731	0,450	45,516	0,205	216,896
198 (19)	529,164	49,128	259,968	56,723	47,384	26,878	54,086	50,821	27,487	6,724	47,55	3,197	30,075	2,613	46,185	1,207	318,737
199 (20)	277,991	50,498	140,380	17,631	45,854	8,084	28,224	46,69	13,178	3,969	45,954	1,824	9,908	2,987	45,251	1,352	164,817
200 (21)	365,048	49,635	181,192	23,326	47,973	11,190	85,251	49,262	41,996	12,235	50,985	6,238	17,429	5,582	46,288	2,584	243,200
205 (22)	338,855	47,264	160,156	24,344	47,256	11,504	72,656	48,876	35,511	12,727	46,27	5,889	17,393	18,100	44,184	7,997	221,058
206 (23)	611,284	49,887	304,951	27,998	46,832	13,112	138,268	51,253	70,867	18,183	48,935	8,898	22,010	16,875	45,388	7,659	405,487
207 (24)	365,901	48,482	177,396	120,395	47,231	56,864	64,178	49,169	31,555	17,252	48,204	8,316	65,180	20,447	46,692	9,547	283,679
208 (25)	459,179	50,078	229,948	18,350	45,84	8,412	79,854	47,915	38,262	15,847	47,524	7,531	15,943	16,318	44,177	7,209	291,362
209 (26)	351,510	49,186	172,894	12,945	47,987	6,212	63,814	47,623	30,390	8,675	47,236	4,098	10,310	5,122	44,722	2,291	215,884
210 (27)	503,289	49,436	248,806	52,502	49,065	25,760	28,052	51,756	14,519	7,259	51,546	3,742	29,502	4,918	44,399	2,184	295,010
211 (28)	169,164	50,858	86,034	11,316	49,582	5,611	17,261	49,675	8,574	2,601	48,795	1,269	6,880	3,148	46,358	1,459	102,947
212 (29)	235,069	49,005	115,195	10,192	47,836	4,875	52,006	50,615	26,323	9,552	49,011	4,682	9,557	4,944	48,770	2,411	153,487
213 (30)	203,873	49,319	100,548	13,874	49,203	6,826	61,794	50,661	31,305	6,730	54,554	3,671	10,497	8,529	45,679	3,896	146,247
214 (31)	136,726	48,877	66,828	4,071	48,59	1,978	15,191	51,842	7,875	1,854	51,31	0,951	2,929	3,592	44,222	1,589	79,221
215 (32)	472,561	49,975	236,163	14,421	49,186	7,093	171,551	48,378	82,993	16,397	49,751	8,158	15,251	19,635	47,471	9,321	343,727
216 (33)	163,301	50,982	83,254	11,727	48,773	5,720	46,335	49,068	22,735	7,435	47,599	3,539	9,259	12,884	46,643	6,010	121,258
217 (34)	301,168	50,212	151,222	19,773	44,561	8,811	46,270	48,459	22,422	6,582	44,514	2,930	11,741	3,861	46,731	1,804	187,190
218 (35)	157,360	45,355	71,371	11,288	46,433	5,241	9,075	47,555	4,316	7,420	45,032	3,341	8,583	2,220	44,377	0,985	85,254
219 (36)	162,667	47,124	76,655	8,829	44,549	3,933	17,607	45,103	7,941	2,509	44,867	1,126	5,059	6,263	45,195	2,831	92,486
220 (37)	157,930	46,292	73,109	7,919	48,239	3,820	65,607	45,748	30,014	11,428	45,867	5,242	9,062	7,049	45,080	3,178	115,362
221 (38)	149,214	47,24	70,489	4,968	45,464	2,259	43,848	47,085	20,646	5,501	47,865	2,633	4,892	10,408	45,017	4,685	100,712
222 (39)	185,284	47,867	88,690	11,214	48,976	5,492	85,553	46,453	39,742	54,411	47,765	25,989	31,482	4,340	46,305	2,010	161,923
223 (40)	185,788	46,527	86,441	27,676	45,248	12,523	59,086	46,117	27,249	7,721	44,449	3,432	15,955	5,421	45,260	2,453	132,098
224 (41)	100,798	47,283	47,661	6,174	44,221	2,730	40,234	45,067	18,132	6,357	42,837	2,723	5,453	9,375	43,746	4,101	75,348
225 (42)	147,616	45,595	67,306	12,009	45,943	5,517	27,494	44,686	12,286	4,447	45,938	2,043	7,560	3,737	45,478	1,700	88,852
226 (43)	90,065	46,929	42,267	4,870	44,733	2,178	16,137	47,8	7,713	2,747	46,357	1,274	3,452	7,027	47,380	3,329	56,761
227 (44)	94,977	46,176	43,857	5,298	45,166	2,393	34,393	45,393	15,612	4,605	45,369	2,089	4,482	4,838	43,801	2,119	66,070
228 (45)	239,293	46,226	110,616	15,744	44,303	6,975	36,645	44,342	16,249	39,607	44,343	17,563	24,538	7,944	44,860	3,564	154,966
229 (46)	417,444	46,723	195,042	15,609	44,1	6,884	75,509	47,51	35,874	8,523	45,978	3,919	10,803	7,590	44,382	3,368	245,088
230 (47)	324,430	44,679	144,952	16,015	44,825	7,179	200,752	46,962	94,277	17,467	46,302	8,087	15,266	16,955	47,018	7,972	262,467
231 (48)	655,924	46,326	303,863	39,977	44,7	17,870	70,295	49,355	34,694	11,571	44,963	5,203	23,073	12,905	45,293	5,845	367,475
232 (49)	169,530	46,233	78,379	3,363	44,769	1,506	26,436	46,029	12,168	6,328	45,643	2,888	4,394	11,464	47,666	5,464	100,406
233 (50)	511,152	46,254	236,428	19,391	43,938	8,520	149,630	48,882	73,142	19,644	47,64	9,358	17,878	8,939	49,854	4,456	331,905
234 (51)	436,841	44,645	195,028	19,065	41,75	7,960	108,239	4,421	4,785	18,014	45,748	8,241	16,201	16,532	47,339	7,826	223,839
235 (52)	216,977	46,356	100,582	14,650	44,828	6,567	34,611	49,101	16,994	7,605	44,802	3,407	9,974	9,428	48,262	4,550	132,101
236 (53)	438,564	47,07	206,432	18,874	45,676	8,621	99,151	45,59	45,203	8,078	46,373	3,746	12,367	3,470	48,276	1,675	265,677
237 (54)	128,898	46,573	60,031	15,915	44,301	7,051	16,900	47,208	7,978	4,073	47,395	1,930	8,981	3,865	47,361	1,831	78,821
238 (55)	379,014	45,412	172,118	25,632	46,096	11,815	53,491	46,081	24,649	7,527	44,68	3,363	15,178	9,360	44,201	4,137	216,083

Ek Tablo 2. Araştırma alanına ait biyokütle verileri

Örnek Alan No	Ortalama çap(cm)	d 1.30 (cm)	Boy (m)	Kuru Yaprak (kg)	Kuru Kabuk (DAL) (kg)	Kuru Kabuk (GÖVDE) (kg)	Kuru Kabuk (Dal+Gövde) (kg)	Kuru Kabuklu Dal (kg)	Kuru Kabuksuz Dal (kg/)	Kuru Kabuklu Gövde Odunu (kg)	Kuru Kabuksuz Gövde Odunu (kg)	TOPLAM AĞIRLIK (kg)
179 (1)	32,9	29	25,6	14,153	36,929	22,796	59,726	112,731	75,801	548,099	525,302	674,983
180 (2)	31,6	31	27,9	6,446	11,809	39,800	51,610	94,268	82,458	629,009	589,209	729,723
181 (3)	26,6	25,5	23,03	9,822	18,990	19,640	38,630	52,713	33,723	336,286	316,646	398,821
182 (4)	31,9	36,5	40,66	4,924	12,717	35,053	47,770	68,863	56,145	938,048	902,995	1011,835
183 (5)	25,7	25	29,22	2,923	11,010	27,088	38,097	51,166	40,157	450,779	423,692	504,869
184 (6)	21,1	21,1	17,62	6,224	3,134	10,352	13,487	25,298	22,164	181,346	170,994	212,869
185 (7)	27,3	28	25,1	6,270	7,555	20,351	27,906	81,563	74,008	432,635	412,284	520,468
186 (8)	19,1	18,5	17,4	2,249	2,366	8,880	11,247	16,956	14,590	144,313	135,433	163,519
187 (9)	22	23	25,9	5,532	6,486	18,152	24,638	41,893	35,407	299,502	281,351	346,928
188 (10)	25	24	25,1	9,634	9,265	21,896	31,161	49,870	40,605	323,442	301,545	382,946
189 (11)	20,9	20	24,9	0,982	3,391	12,428	15,819	31,536	28,145	215,099	202,671	247,616
191 (12)	21,3	21,8	24,9	2,053	2,655	17,142	19,798	17,398	14,742	217,192	200,050	236,643
192 (13)	24,6	25,5	20,35	11,625	13,253	18,359	31,612	67,799	54,546	298,414	280,056	377,839
193 (14)	24,6	25,5	25,6	1,808	6,674	25,089	31,762	51,639	44,965	408,765	383,676	462,211
194 (15)	21,9	23	29,2	1,991	2,071	19,203	21,273	23,256	21,185	367,676	348,473	392,923
195 (16)	24,8	26	27,2	3,000	5,499	22,216	27,715	35,120	29,621	378,033	355,817	416,153
196 (17)	20,1	19	23,2	1,525	2,156	7,399	9,555	13,968	11,811	203,764	196,365	219,256
197 (18)	29,3	30	25,94	0,450	0,785	4,947	5,732	6,551	5,766	435,994	431,047	442,996
198 (19)	28,5	29	30	2,613	6,724	56,723	63,448	60,810	54,086	585,887	529,164	649,311
199 (20)	23,6	24	24,1	2,987	3,969	17,631	21,599	32,193	28,224	295,621	277,991	330,801
200 (21)	24,6	24	26,4	5,582	12,235	23,326	35,562	97,486	85,251	388,375	365,048	491,442
205 (22)	24,4	26	23,5	18,100	12,727	24,344	37,072	85,384	72,656	363,199	338,855	466,683
206 (23)	34,4	33	28,6	16,875	18,183	27,998	46,181	156,451	138,268	639,282	611,284	812,608
207 (24)	29,9	30	27,6	20,447	17,252	120,395	137,647	81,430	64,178	486,296	365,901	588,172
208 (25)	28,2	29	26,25	16,318	15,847	18,350	34,197	95,701	79,854	477,529	459,179	589,549
209 (26)	26,6	25,5	25,1	5,122	8,675	12,945	21,620	72,489	63,814	364,455	351,510	442,066
210 (27)	29,6	31	26,8	4,918	7,259	52,502	59,761	35,312	28,052	555,791	503,289	596,021
211 (28)	19,5	20	20,15	3,148	2,601	11,316	13,917	19,862	17,261	180,480	169,164	203,490
212 (29)	21,5	21,5	23,65	4,944	9,552	10,192	19,744	61,559	52,006	245,260	235,069	311,763
213 (30)	20,1	21	21,3	8,529	6,730	13,874	20,603	68,523	61,794	217,747	203,873	294,799
214 (31)	16,9	17	18	3,592	1,854	4,071	5,925	17,045	15,191	140,797	136,726	161,434
215 (32)	26,5	29	25,85	19,635	16,397	14,421	30,818	187,947	171,551	486,983	472,561	694,565
216 (33)	23,2	23	16,1	12,884	7,435	11,727	19,163	53,770	46,335	175,028	163,301	241,682
217 (34)	25,5	25	22,8	3,861	6,582	19,773	26,356	52,852	46,270	320,941	301,168	377,654
218 (35)	21,5	19	19,8	2,220	7,420	11,288	18,708	16,495	9,075	168,648	157,360	187,364
219 (36)	18,9	18	18,1	6,263	2,509	8,829	11,338	20,116	17,607	171,497	162,667	197,876
220 (37)	20,6	21	18,82	7,049	11,428	7,919	19,347	77,034	65,607	165,848	157,930	249,932
221 (38)	20,4	21	16,5	10,408	5,501	4,968	10,470	49,350	43,848	154,182	149,214	213,940
222 (39)	21,6	22	19,6	4,340	54,411	11,214	65,625	139,964	85,553	196,498	185,284	340,802
223 (40)	20,6	20,8	18,7	5,421	7,721	27,676	35,397	66,807	59,086	213,463	185,788	285,691
224 (41)	16,2	16,3	16	9,375	6,357	6,174	12,531	46,591	40,234	106,973	100,798	162,939
225 (42)	19,8	19	19,6	3,737	4,447	12,009	16,456	31,941	27,494	159,626	147,616	195,304
226 (43)	15,6	15,5	16,1	7,027	2,747	4,870	7,617	18,884	16,137	94,935	90,065	120,846
227 (44)	17,9	16,8	14,8	4,838	4,605	5,298	9,903	38,998	34,393	100,275	94,977	144,112
228 (45)	26,1	26	21,3	7,944	39,607	15,744	55,351	76,251	36,645	255,037	239,293	339,233
229 (46)	32,5	30	23,1	7,590	8,523	15,609	24,133	84,032	75,509	433,053	417,444	524,675
230 (47)	27,5	27	21,3	16,955	17,467	16,015	33,481	218,218	200,752	340,444	324,430	575,617
231 (48)	34,5	32,5	28,3	12,905	11,571	39,977	51,548	81,866	70,295	695,901	655,924	790,672
232 (49)	21,2	21	18,6	11,464	6,328	3,363	9,691	32,764	26,436	172,893	169,530	217,122
233 (50)	26,6	28	25,5	8,939	19,644	19,391	39,034	169,274	149,630	530,543	511,152	708,755
234 (51)	31,4	30	26,3	16,532	18,014	19,065	37,079	126,253	108,239	455,906	436,841	598,691
235 (52)	22,7	21,5	21,1	9,428	7,605	14,650	22,255	42,216	34,611	231,627	216,977	283,271
236 (53)	28,1	28	26	3,470	8,078	18,874	26,952	107,229	99,151	457,438	438,564	568,137
237 (54)	20,3	19,9	17,3	3,865	4,073	15,915	19,988	20,973	16,900	144,813	128,898	169,651
238 (55)	24,5	26,3	25,9	9,360	7,527	25,632	33,159	61,018	53,491	404,646	379,014	475,025
Ortalama Değer	24,40363636	24,36363636	23,23163636	7,460	10,297	19,907	30,204	64,503	54,206	334,297	314,390	406,260

Ek Tablo 3. Araştırma alanına ait yaş-kuru, ağırlık-hacim verileri

Ö.A. No	Çap (cm)	Boy (m)	Vlk (m³)	Vs (m³)	Vup (m³)	YAŞ TEKERLEK AĞIRLIKLARI																				KURU TEKERLEK AĞIRLIKLARI																				YAŞ TEKERLEK HACİMLERİ																				KURU TEKERLEK HACİMLERİ																				YAŞ KABUKLU										KURU KABUKLU										KURU KABUKSUZ									
						K.lu 0,30 (kg)	K.suz 0,30 (kg)	K.lu 1,30 (kg)	K.suz 1,30 (kg)	K.lu orta (kg)	K.suz orta (kg)	K.lu uç (kg)	K.suz uç (kg)	K.lu Ö.Dal (kg)	K.suz Ö.Dal (kg)	K.lu 0,30 (m³)	K.suz 0,30 (m³)	K.lu 1,30 (m³)	K.suz 1,30 (m³)	K.lu orta (m³)	K.suz orta (m³)	K.lu uç (m³)	K.suz uç (m³)	K.lu Ö.Dal (m³)	K.suz Ö.Dal (m³)	K.lu 0,30 (m³)	K.suz 0,30 (m³)	K.lu 1,30 (m³)	K.suz 1,30 (m³)	K.lu orta (m³)	K.suz orta (m³)	K.lu uç (m³)	K.suz uç (m³)	K.lu Ö.Dal (m³)	K.suz Ö.Dal (m³)	Dip Küntik Ağırlık (kg)	Seksiyon Ağırlık (kg)	Uç Parça Ağırlık (kg)	Yaş-K.lu Toplam Göve Ağırlık (kg)	Vdk Kuru (kg)	Vs Kuru (m³)	Vup Kuru (m³)	DipKüntik Ağırlık (kg)	Seksiyon Ağırlık (kg)	Uç Parça Ağırlık (kg)	KuruK.lu Toplam Göve Ağırlık (kg)	Dip Küntik Ağırlık (kg)	Seksiyon Ağırlık (kg)	Uç Parça Ağırlık (kg)	Kuru K.suz Toplam Göve Ağırlık (kg)	Kuru Kabuk Ağırlık (kg)	Toplam Yaş Dal Ağırlık (kg)	Toplam Kuru Dal Ağırlık (kg)	Toplam Yaş Yaprak Ağırlık (kg)	Kuru Yaprak Ağırlık (kg)	Alınan Yaş Yaprak Ağırlık (kg)	Toplam Kuru Yaprak Ağırlık (kg)																																																										
179 (1)	29	25,6	0,03223995	0,7115138	0,002707936	0,806	8,3	5	2,96	0,34	0,08	5,3	5,14	3,1	2,98	1,7	1,62	187,29	0,18729	154,75	0,03773	25,37	0,02537	0,006558129	0,005458677	0,002540064	0,002354553	0,000278184	0,000249303	0,000064056	5,48079E-05	0,005896675	0,005608197	0,004054673	0,003873818	0,002309274	0,002110959	0,000231718	0,000205631	5,78105E-05	5,18854E-05	38,4785694	865,1603287	3,306966388	0,0273368194	0,6916876758	0,0022556161	24,57065054	521,7047209	1,823	548,099	23,829	499,967	1,506	523,302	22,796	239,026	112,731	30,076	0,16	0,34	14,153																																																					
180 (2)	31	27,9	0,0349	0,90069	0,002828	0,964	9,2	5,6	2,78	0,28	0,14	4,44	4,2	3,64	1,72	1,56	154,147	134,89	77,39	0,07719	67,52	0,06752	0,006620075	0,005620356	0,00501615	0,002710168	0,000254598	0,000224243	0,000205168	0,000132979	0,00011434	0,000996808	0,000691245	0,004720156	0,00452486	0,0026554372	0,00227547	0,000205168	0,000181052	0,00018868	30,6375236	0,0314682291	0,8079581894	0,0025874121	24,0609871	23,7002268	1,944	629,009	22,412	565,366	1,701	589,209	39,800	170,974	98,268	15,655	0,12	0,38	6,446																																																								
181 (3)	25,5	23,03	0,021195	0,502338	0,000957	0,524	5	3,64	2	0,12	0,08	3,12	2,98	2,18	2,08	1,22	1,12	80	0,08	69,38	0,06938	40	0,04	25,59	0,02559	0,004949491	0,004784794	0,0034166	0,003283804	0,001882116	0,001799396	0,000126591	0,000116857	0,00005652	5,10093E-05	0,004845884	0,0044464	0,000303420	0,002836908	0,001262883	0,001232993	0,00010205	9,01741E-05	5,10093E-05	4,5781E-05	21,41129286	534,6727699	0,9071758606	0,0207513262	0,4073641233	0,000774775	13,36066474	322,3204642	0,605	336,286	12,761	303,360	0,524	316,646	19,640	105,425	52,713	25,101	0,18	0,46	9,822																																																	
182 (4)	36,5	40,66	0,045928	1,450385233	0,003676218	1,5	9,96	6,44	3,52	0,24	0,09	6,46	6,22	3,98	3,8	1,94	1,9	118,05	0,11805	103,83	0,10383	45,16	0,04516	36,82	0,03682	0,008755655	0,008286498	0,006070295	0,005736827	0,003447956	0,003279102	0,000186765	0,000175781	0,00016513	0,000149778	0,00819632	0,007657631	0,005638624	0,005412779	0,003114488	0,002954112	0,000154812	0,000139959	0,000130074	0,00012555	51,66411684	1517,698738	4,7240810871	1574,2869356218	0,0426801167	1,3337937417	0,0030472725	33,63877458	902,0859967	2,324	938,048	32,389	868,563	2,044	902,995	35,053	137,238	68,863	13,131	0,12	0,32	4,924																																																
183 (5)	25	29,22	0,032414455	0,69521641	0,00176041	0,73	5,98	3,12	2,1	0,12	0,1	3,58	3,32	1,86	1,78	1,18	1,08	48,46	0,04846	40,5	0,0405	38,76	0,03876	30,42	0,03042	0,005480732	0,005105025	0,003031964	0,002896222	0,001899663	0,001766582	7,95802E-05	6,99435E-05	5,67743E-05	0,000051496	0,004890222	0,002655435	0,002570467	0,001279392	0,001620195	7,45648E-05	6,2413E-05	6,76285E-05	5,66071E-05	35,36725506	735,838702	2,654454545	773,8605025260	0,0289267631	0,6181083291	0,0016494636	21,17308308	428,5344165	1,944	629,009	22,412	565,366	1,901	589,209	39,800	170,974	98,268	15,655	0,12	0,38	2,923																																																	
184 (6)	21,1	17,62	0,0159198	0,2669314	0,002178183	0,285	3,16	2,2	1,5	0,12	0,06	1,86	1,78	1,28	1,2	0,8	0,76	47,01	0,04701	43,02	0,04302	24,86	0,02486	21,78	0,02178	0,002968918	0,002827561	0,0020463	0,001959915	0,001219016	0,000822981	0,00076302	6,96703E-05	0,000106132	0,002644449	0,002455774	0,00174908	0,00166098	0,001203537	0,000941821	6,96703E-05	6,96703E-05	0,000104009	9,23545E-05	16,94441205	302,4656707	3,4156378548	322,825720684	0,0141799480	0,2413690244	0,0019830715	9,973609627	170,0347554	1,338	181,346	9,545	160,225	1,225	170,994	10,352	61,058	25,298	14,004	0,08	0,18	6,224																																																	
185 (7)	28	25,1	0,024875	0,678662	0,001431	0,705	4,84	3,94	2,04	0,18	0,1	2,8	2,7	2,22	2,12	1,16	1,1	101,26	0,10126	93,58	0,09158	53,44	0,05344	48,49	0,04849	0,004526489	0,004418398	0,003744337	0,003608438	0,001766974	0,001695947	0,000139959	0,000130473	7,4776E-05	0,000067824	0,0024154509	0,003988241	0,003694884	0,003473847	0,001682459	0,001611998	0,00012823	0,000119074	7,40247E-05	6,72988E-05	26,59787763	736,3763824	1,8403932231	764,8145992515	0,0223808097	0,6619928344	0,0013110731	15,38720194	416,2127074	1,035	432,635	14,838	396,510	0,936	412,284	20,351	152,625	81,563	15,048	0,2	0,48	6,270																																																
186 (8)	18,5	17,4	0,013565	0,209915	0,005994	0,229	3,3	1,76	1,04	0,14	0,06	1,92	1,82	1,02	0,96	0,62	0,58	71,11	0,07111	63,84	0,06384	26,87	0,02687	23,12	0,02312	0,002932187	0,002835199	0,001701941	0,001467772	0,000914727	0,000874809	0,000110256	0,000101778	4,45089E-05	4,16835E-05	0,002563747	0,002469747	0,00154206	0,001473533	0,000822981	0,00079796	9,80088E-05	8,63751E-05	3,82907E-05	3,56955E-05	14,98901699	224,6229146	7,6109874448	247,2229189835	0,0118605904	0,1897294242	0,0053281707	8,882380436	131,56485	3,866	144,313	8,420	123,543	3,471	135,433	8,880	37,863	16,956	2,999	0,12	0,16	2,249																																																
187 (9)	23	25,9	0,01592	0,48042	0,002081	0,498	3,3	2,82	1,58	0,04	0,02	2,08	2	1,72	1,62	0,9	0,84	109,45	0,10945	97	0,097	18,86	0,01886	15,94	0,01594	0,003556446	0,003421999	0,002830873	0,002758134	0,001527127	0,001457325	0,000166688	0,000150167	3,63102E-05	3,14746E-05	0,003109895	0,003099177	0,002536831	0,002373631	0,001355683	0,001289963	0,000150477	0,000135055	2,86556E-05	2,64938E-05	14,77265202	485,049667	2,4968851178	502,3189038770	0,0139210710	0,4291054440	0,0018786243	9,310869152	288,8522075	3,366	299,502	8,953	271,187	1,211	281,351	18,152	88,851	41,893	13,277	0,1	0,24	5,532																																																
188 (10)	24	25,1	0,0159198	0,472196	0,0009922	0,489	4,14	3,58	1,86	0,16	0,08	2,58	2,44	2,12	2	1,12	1,02	77,1	0,0771	64,18	0,06418	56,41	0,05641	45,93	0,04593	0,003466729	0,003104217	0,002974075	0,001785805	0,001468864	0,00110377	9,80088E-05	0,000116868	0,000104013	0,003743249	0,003573124	0,002875336	0,002723363	0,001636248	0,001520162	0,000010431	8,84373E-05	9,42393E-05	8,67033E-05	15,86066139	525,303649	1,4382670057	542,601777830	0,0143401348	0,4353805172	0,0006260514	9,883806375	312,8640433	0,693	323,442	9,347	291,621	0,577	301,545	21,896	106,088	49,870	25,049	0,1	0,26	9,634																																																	
189 (11)	20	24,9	0,012676	0,299265	0,0007186	0,313	2,98	1,96	1,36	0,1	0,08	1,64	1,54	1,16	1,12	0,58	0,52	49,32	0,04932	42,55	0,04255	52,36	0,05236	46,73	0,04673	0,002484859	0,002394917	0,001643633	0,001592139	0,000886409	0,000837314	0,000076616	6,55404E-05	8,03149E-05	0,000072968	0,00227547	0,002188794	0,001541464	0,001475172	0,000765959	0,000742929	6,46118E-05	5,48126E-05	0,000070336	6,34782E-05	15,20185804	358,0090261	0,9379241934	374,1488083586	0,0116078433	0,2735358148	0,0000660095	8,366123217	206,2701011	0,463	215,999	7,856	194,415	0,399	202,671	12,428	48,184	31,536	1,963	0,1	0,2	0,982																																																
191 (12)	21,8	24,9	0,01716795	0,35570705	0,0010723	0,374	4,04	2,94	1,02	0,06	0,02	2,34	2,28	1,68	1,54	0,78	0,72	82,94	0,08294	75,53	0,07153	23,98	0,02398	20,32	0,02043	0,003558864	0,003505132	0,002875364	0,002311996	0,001525041	0,001391966	0,000170473	0,000122641	0,000226622	0,000196328	0,000110743	3,9228E-05	3,43296E-05	3,43296E-05	1,718670477	339,5744034	539,6419271	0,0152193868	0,3240779295	0,0009994313	9,954696384	26,5660957	0,682	217,192	376,36099	189,763	5,588	200,994	6,448	4,448	0,12	0,26	2,053																																																									
192 (13)	25,5	20,35	0,024152	0,43399824	0,0012205	0,459	3,96	3,68	0,84	0,16	0,06	2,14	2,02	1,92	1,2	0,58	0,52	62,83	0,06283	51,23	0,05123	29,16	0,02916	23,46	0,02346	0,003583231	0,003475874	0,003040324	0,002917989	0,0009411	0,00089125	0,000128431</																																																																																			

ÖZGEÇMİŞ

06.08.1979 tarihinde Trabzon'da dünyaya gelen Nuray KAHYAOĞLU, ilk, orta ve lise tahsilini Trabzon'da tamamladıktan sonra 1996 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2000 yılında bu bölümden Orman Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2003 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Aynı enstitüden 2005 Eylül ayında Orman Yüksek Mühendisi ünvanı ile mezun olduktan sonra aynı tarihte K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora öğrenimine başladı. 2011 yılı Temmuz ayından bugüne kadar Gümüşhane Üniversitesi Kürtün Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Evli ve iki çocuk sahibi olup orta derecede İngilizce bilmektedir.