



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ANKARA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ'NDEKİ GENÇ DOĞAL
KARAÇAM (*Pinus nigra*) MEŞCERELERİNDE BİTKİSEL KÜTLE
MİKTARLARININ BELİRLENMESİ**

Seda SARANAY

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Amenajmanı Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ahmet YEŞİL**

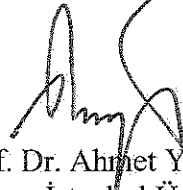
**II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY**

Mayıs, 2017

İSTANBUL

Bu çalışma 31.05.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. Ahmet YEŞİL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



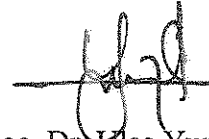
Prof. Dr. Ender MAKİNECİ
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Meldem ERDEM KAYA
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mimarlık



Doç. Dr. Servet ÇALIŞKAN
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Yrd. Doç. Dr. Ulaş Yunus ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Amenajmanı Programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Danışman hocam Prof. Dr. Ahmet YEŞİL'e ve tezin konusunu belirleyerek, her aşamasında yardım ve ilgisini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Büro ve arazi çalışmaları sırasında zaman mefhumu tanımadan her konuda yardımcı olan Orman Yüksek Mühendisi Murat ÇETİNER ve mesai arkadaşım Orman Yüksek Mühendisi Mehmet ERGİN'e içtenlikle teşekkür ederim. Çalışmada kullandığım verilerin teminini sağlayan Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlaması Daire Başkanlığı çalışanlarına, arazideki yardımlarından dolayı katkı sağlayan Nallıhan ve Eskipazar Orman İşletme Müdürlüğü çalışanlarına da teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamda gerekli izinleri vererek katkı sağlayan İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmanın konuyla ilgilenen meslektaşlarıma ve bilim insanlarına faydalı olmasını temenni ederim.

Mayıs 2017

Seda SARANAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1.KARAÇAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	4
2.2. BİTKİSEL KÜTLE İLE İLGİLİ BİLGİLER	6
2.3. TÜRKİYE’DE BİTKİSEL KÜTLE ÇALIŞMALARI.....	11
3. MALZEME VE YÖNTEM	19
3.1. ARAŞTIRMA ALANININ GENEL TANITIMI.....	19
3.1.1. Mevkii	19
3.1.2. İklim	20
3.1.3. Anakaya- Toprak.....	23
3.1.4. Bitki Örtüsü.....	24
3.2. YÖNTEM	25
3.2.1. Büro Çalışması	25
3.2.2. Arazi Çalışması	25
3.2.2.1. Toprak üstü Ağaç Kütleli Örneklerinin Alınması	26
3.2.2.2. Toprak altı Ağaç Kütleli Örneklerinin Alınması.....	27
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	28
3.2.4. Kabuklu Gövde Hacmi ve Ağaç Bileşenleri Bitkisel Kütle Denklemlerinin Geliştirilmesi	28
3.2.5. Bitkisel Kütle Katsayılarının Geliştirilmesi.....	30
4. BULGULAR	32
4.1. KURU AĞAÇ KÜTLESİNE AİT BULGULAR	32

4.1.1. TEK AĞAÇ DÜZEYİNDE BULGULAR.....	32
4.1.1.1. Örnek Ağaçların Genel Özellikleri	32
4.1.1.2. Ağaç Bileşenlerinin Kütlesine Ait Bulgular	33
4.1.1.3. Hacim Denklemlerine Ait Bulgular	34
4.1.1.4. Ağaç Kütlesi Denklemleri.....	35
4.1.1.5. Bitkisel Kütle Katsayıları	43
4.1.2. Birim Alandaki Bitkisel Kütleye Ait Bulgular	44
4.1.2.1. Örnek Alanların Genel Özellikleri	44
4.1.2.3. Bitkisel Kütle Miktarlarına Ait Bulgular.....	44
4.1.2.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Tahmini	45
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	52
KAYNAKLAR	60
EKLER.....	66
EK 1. Tek Ağaçlara Ait Kuru Kütle Ağırlıkları.....	66
EK 2. Örnek Alanlara Ait Meşcere Özellikleri.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Karaçamın dünyadaki yayılışı (EUFORGEN, 2009).....	5
Şekil 2.2: Türkiye’de karaçamın dağılımı (OGM, 2015).	5
Şekil 2.3: Atmosferik CO ₂ Seviyeleri, Mauna Loa Gözlem İstasyonu (NOAA/ESRL, 2017).....	6
Şekil 2.4: 2002-2012 yılları arasında Türkiye ormanlarında ağaçlardaki karbon stokları (Karabıyık, 2014).	9
Şekil 3.1: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında kalan karaçam meşcerelerini gösterir harita.	19
Şekil 3.2: Çalışma alanları.	25
Şekil 3.3: Arazide çevrilen örnek alanlarda çap ve boy ölçümü.	26
Şekil 3.4: Sökülen ağaçların bileşenlerine ayrılma aşaması.	27
Şekil 3.5: Toprak altı bitkisel kütle için kök sökümü.	27
Şekil 4.1: Ağaçların Çap, Boy ve Yaş ilişkileri.	33
Şekil 4.2: Ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütle içindeki dağılımları.	34
Şekil 4.3: Kabuklu gövde hacmi ile D ₀ , H, yaş, D ₀ ² H ve D ₀ H indeksleri arasındaki ilişkiler.	36
Şekil 4.4: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç dip çapına (D ₀) göre değişimi.	37
Şekil 4.5: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç boyuna (H) göre değişimi.	38
Şekil 4.6: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç yaşına göre değişimi.	39
Şekil 4.7: Ağaç kütlesi bileşenlerinin kabuklu gövde hacmine (m ³) göre değişimi.	40
Şekil 4.8: Birim alanda ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütle içindeki dağılımları.	45
Şekil 4.9: Birim alandaki ağaç kütlesi bileşenlerinin kabuklu gövde hacmine göre değişimi.	46
Şekil 4.10: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin dip çapa göre değişimi.	47

Şekil 4.11: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin yaşa göre değişimi.	48
Şekil 4.12: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin boy ile değişimi.....	49



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Orman ekosistemlerinde karbon havuzları (IPCC, 2003; IPCC, 2006).....	8
Tablo 2.2: Türkiye ormanlarında ve bozuk orman alanlarındaki 2015 yılı bitkisel kütle stok değerleri FAO (2015).	8
Tablo 2.3: Türkiye’deki bitkisel kütle çalışmaları (Tolunay, 2013a).	11
Tablo 3.1: Nallıhan 1965-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.....	20
Tablo 3.2: Beypazarı 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	20
Tablo 3.3: Polatlı 1964-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	21
Tablo 3.4: Kaman 1961-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.....	21
Tablo 3.5: Ankara Bölge 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	21
Tablo 3.6: Kırıkkale 1963-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	22
Tablo 3.7: Kırşehir 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	22
Tablo 3.8: Çerkeş 1965-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	22
Tablo 3.9: Kızılcahamam 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.	23
Tablo 4.1: Örnek ağaçların bazı özellikleri.....	32
Tablo 4.2: Ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları (kg/ağaç).	34
Tablo 4.3: Kabuklu gövde odunu hacminin tahmininde kullanılabilecek denklemler (n=35).....	35
Tablo 4.4: Çeşitli ağaç bileşenlerinin tek ağaç düzeyi için geliştirilen hacim (m^3 /ağaç) ve bitkisel kütle denklemleri (kg/ağaç).	41
Tablo 4.5: Bitkisel kütle genişletme katsayıları (BEF).	43
Tablo 4.6: Bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları (BCEF) (t/m^3).	44
Tablo 4.7: Ağaç bileşenlerinin birim alandaki ağırlıkları (t/ha).....	45
Tablo 4.8: Çeşitli ağaç bileşenlerinin birim alandaki kütlelerini tahminde kullanılabilecek denklemleri (t/ha).	50

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Göğüs yüzeyi çapı 8 cm'den küçük meşcere gelişim çağı
B_{cd}	: Canlı dal kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_i	: İbre kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_k	: Kabuk kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{kl}	: Kabuklu gövde odunu kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{kzg}	: Kabuksuz gövde odunu kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{kd}	: Kuru dal kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{kk}	: Kök kütüğü kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{yd}	: Kök yan dalları kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{ta}	: Toprak altı kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{tbk}	: Toplam bitkisel kütle (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{td}	: Toplam dal kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{tü}	: Toprak üstü kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
Çk	: Karaçam
D₀	: Dipçap (cm)
D₀²H	: Dip çapın karesi ile boyun çarpımından oluşan katsayı
D_{1,30}	: Göğüs yüksekliği çapı (cm)
H	: Ağaç boyu (m)
ha	: hektar
m³	: Metre küp
n	: Örnek sayısı
R	: Kök/sak oranı
R²	: İlişki katsayısı
SEE	: Tahminin standart hatası
t	: ton
t/ha	: ton/hektar
V	: Kabuklu gövde hacmi
Y	: Yaş

Kısaltmalar	Açıklama
AFOLU	: Tarım, ormancılık ve arazi kullanımı (Argiculture, forestry, land use)
AOBM	: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü
BEF	: Kabuklu gövde kütesini ağaç bileşeni kütlelerine genişletme faktörü (LULUCF klavuzuna göre)
BCEF	: Ağaçlarda kabuklu gövde hacmini ağaç bileşeni kütlelerine dönüştürme ve genişletme faktörü (AFOLU klavuzuna göre)
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
HA	: Hacim ağırlığı (t/m ³)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel Climate Change)
LULUCF	: Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (Land use, land use change and forestry)
NIR	: Sera Gazları Ulusal Envanter Raporu
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ'NDEKİ GENÇ DOĞAL KARAÇAM (*Pinus nigra*) MEŞCERELERİNDE BİTKİSEL KÜTLE MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Seda SARANAY

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL

II. Danışman : Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

Türkiye’de çapı 8 cm’den küçük olan ve yaklaşık 1.8 milyon ha alan kaplayan genç ormanlar envanter dışında bırakılmaktadır. Bu nedenle genç ormanlardaki bitkisel kütle miktarları hakkında veri eksikliği bulunmaktadır. Bugüne kadar yapılan sera gazı envanter raporlarında ibreli genç ormanlar için hektarda 25 ton, yapraklılar için ise 15 ton bitkisel kütle olduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma ile ülkemizin önemli türlerinden olan karaçamın (*Pinus nigra* Arnold.) göğüs yüksekliğindeki çapı 8 cm’den küçük doğal meşcerelerin (a gelişim çağı) toprak üstü ve toprak altı kütlelerinin birim alandaki miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Ankara Orman Bölge Müdürlüğündeki ‘a’ gelişim çağındaki genç doğal karaçam meşcerelerinden 35 örnekleme noktasının her birinde 100 m² örnek alan çevrilmiş ve fidanların dip çapı ile boyu ölçülmüştür. Her bir örnekleme noktasında bir fidan kökü ile birlikte sökülülmüştür. Bu fidanda yaprak, dal, gövde ve kökler ayrılarak, tartılmış ve laboratuvarında kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece fidanların kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra dip çap, boy ve kabuklu gövde hacminin bağımsız değişken olduğu denklemler üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, fidanlarda çap ve boyun birlikte kullanıldığı modellerin ağaç bileşenleri bitkisel kütlelerini daha iyi tahmin ettiği belirlenmiştir. Örneğin toplam bitkisel kütlenin (kök dahil) tahmini için geliştirilen denklem $Btbk=0,2145(D02H)0,5846$ olup, denklemin R^2 değeri 0,938’dir. Genç doğal karaçamlar

Örneğin toplam bitkisel kütlenin (kök dahil) tahmini için geliştirilen denklem $B_{tbk}=0,2145(D_0^2H)^{0,5846}$ olup, denklemin R^2 değeri 0,938'dir. Genç doğal karaçamlar için hacim ağırlığı $0,262 \text{ t/m}^3$, topraküstü bitkisel kütle genişletme katsayısı ($BEF_{tüstü}$) 3,120, topraküstü bitkisel kütle genişletme ve dönüştürme katsayısı ($BCEF_{tüstü}$) 0,905, kök/sak (R) oranı 0,151 olarak bulunmuştur. Birim alandaki toprak üstü bitkisel kütle $18,59 \text{ t/ha}$, toprak altı bitkisel kütle ise $3,69 \text{ t/ha}$ olarak hesaplanmıştır. Sunulan bu çalışma ile doğal karaçam gençliklerinde toprak üstü bitkisel kütle stoklarının, kök-sak oranının ve kabuklu gövde odunu hacim ağırlığının sera gazları ulusal envanterindeki değerlerden daha düşük, $BEF_{tüstü}$ katsayısının ise daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Mayıs 2017, 83 sayfa.

Anahtar kelimeler: Bitkisel kütle stoku, bitkisel kütle denklemleri, bitkisel kütle katsayıları, kök-sak oranı

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION BIOMASS OF YOUNG NATURAL BLACK PINE (*Pinus nigra*) STANDS IN REGIONAL FOREST DIRECTORATE OF ANKARA

Seda SARANAY

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Forest Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL

Co-Supervisor : Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY

In Turkey, young forest stands less than 8 cm in diameter cover about 1.8 million hectare area and these young stands are excluded from the inventory. For this reason, there is a lack of data on the amount of biomass in young forests. In the greenhouse gas inventory reports prepared until today, calculations were made by assuming that 25 tonnes biomass in hectare for young conifer stands and 15 tonnes biomass in hectare for young broadleaved stands are considered. With this study, it was aimed at the determination of the amount of aboveground and belowground biomass of stands in development stage of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) which is one of the important tree species of Turkey. For this purpose, 100 square meters of sample plots for 35 sampling points of the natural young black pine stands in Ankara Regional Directorate of Forestry were taken and root collar diameters and heights of each seedling in the plots were measured. At each sampling point, 1 seedling was removed along with the root. In this seedling, leaves, branches, trunks and roots were separated, weighed and dry weights were determined in the laboratory. Thus, the dry weights of the seedlings were calculated. Then equations were produced with root collar diameter, height and cubic meter over bark which are used as independent variables. As a result of the study, it was determined that models using diameter and height together made better prediction of biomass of tree components. For example, the equation to estimate of total biomass (including below ground biomass) was

cubic meter over bark which are used as independent variables. As a result of the study, it was determined that models using diameter and height together made better prediction of biomass of tree components. For example, the equation to estimate of total biomass (including below ground biomass) was developed as $B_{ib}=0,2145(D_0^2H)^{0,5846}$ which R^2 is 0,938. For natural young black pines, it was found that wood density is 262 t/m³, biomass expansion factor ($BEF_{above-ground}$) is 3,120, biomass conversion and expansion factor ($BCEF_{above-ground}$) is 0,905, and the root to shoot ratio (R) is 0,151. In a unit area, above ground biomass was calculated as 18,59 t/ha, below ground biomass was calculated as 3,69 t/ha. With this study, it was determined that aboveground biomass stocks, root to shoot ratio and basic wood density are lower than the values of the national greenhouse gas national inventory report but $BEF_{above-ground}$ factor is much higher.

May 2017, 83 pages.

Keywords: Biomass stock, biomass equations, biomass factors, root to shoot ratio

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra orman alanları üzerindeki baskının artması ile toprak, hava, su kaynakları kirletilmiş, ormansızlaşma, çölleşme, erozyon ve toprak kaybı, sel, taşkın ve heyelan olaylarının meydana gelmesi, biyolojik çeşitliliğin giderek azalması, ormanların sağlık durumlarının bozulması, ekosistemlerin sürekliliğinin sağlanamaması, ozon tabakasının incilmesi gibi sorunları beraberinde getirmiştir (Karabıyık, 2014). Bütün bu ekolojik sorunların başında ise son zamanlarda güncelliğini koruyan iklim değişikliği gelmektedir. Bugün bu durum sadece sanayileşmiş ülkelerin değil dünya genelinin sorunu haline gelmiştir. Doğal kaynaklara olan ihtiyaç artmış, korunması ve geliştirilmesi adına küresel boyutta adımlar atılmaya başlanmıştır.

İklim değişikliği etkilerini azaltmanın en önemli adımları fosil yakıtların kullanımından kaynaklı atmosfere sera gazı salımlarının azaltılması ve atmosferdeki sera gazlarının uzun süreli olarak çeşitli karbon havuzlarında depolanmasından geçmektedir (Tolunay, 2013a). Bu doğrultuda sera gazları arasında önemli yer kaplayan ve doğal yollarla depolanması mümkün olan CO₂' in tutulması ayrı bir öneme sahiptir. Burada üzerinde durulan konu ise toprak ve orman ekosistemleri gibi karasal ekosistemlerde tutulan karbon miktarıdır. Son zamanlarda küresel boyutlarda gündeme gelen çevre sorunları ile tüm sürdürülebilir doğal kaynaklar gibi ormanların da önemi kavranmaya başlanmıştır. Orman ekosistemlerindeki canlı ağaçları, ölü organik maddeler ve topraklar karbonun biriktirildiği havuzlardır (IPCC, 2006).

Orman ekosistemlerinde önemli miktarda karbon biriktirilmesi nedeniyle Kyoto Süreci ile birlikte başlayan ve Protokolün Ek-1 listesinde yer alan ülkelerin sera gazı envanterleri hazırlamalarının zorunlu hale gelmesi ile ormancılık sektörü için de Ek-1 listesinde yer alan ülkeler her yıl sera gazı envanteri hazırlamaktadır (Tolunay, 2013b). Ülkemizde 2006 yılından itibaren hazırlanmaya başlayan ve her yıl Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryasına gönderilen sera gazları ulusal envanterinde ormancılık sektörü sera gazı azaltımı sağlanan tek sektördür (Karabıyık, 2014). Bu envanterler önceleri IPCC (2003) kılavuzunda belirtilen yöntemlerle

hesaplanırken, 2014 yılı için yapılan hesaplamalardan itibaren IPCC (2006) kılavuzundaki metodoloji kullanılmaya başlanmıştır.

Enerji, solvent ve diğer ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler, arazi kullanımı ile arazi kullanımındaki değişiklikler ve ormancılık, atık sektörleri için hesaplamalarda temel yaklaşım ülke için yeterince veri olmaması durumunda kılavuzlarda verilen çeşitli katsayılarla hesaplamalar yapılmaktadır (IPCC, 2006). Bu yaklaşım düzey 1 (tier 1) olarak adlandırılmaktadır. Ülkeye özgü verilerin olması durumunda bu verilerle de karbon envanteri yapılabilmekte ve bu yöntem düzey 2 (tier 2) olarak nitelendirilmektedir. Son olarak da yine ülkeye özgü verilerin model çalışmalarına olanak sağlayacak düzeyde olması durumunda çeşitli modellerin kullanılması önerilmektedir (tier 3) (IPCC, 2006).

IPCC kılavuzlarında orman envanterlerinde çoğunlukla kabuklu gövde odunu hacmi değerleri hesaplandığı için bu verilerin gövde odunu hacim ağırlığı, bitkisel kütle genişletme katsayıları (BEF), kök/sak (toprak üstü bitkisel kütle) oranı gibi katsayılar kullanılarak toplam bitkisel kütle miktarına dönüştürülmesi gerektiği açıklanmaktadır. Daha sonra bu bitkisel kütle miktarları karbon faktörü olarak adlandırılan ve ılıman bölge ormanlarında ibrelili türler için 0,51, yapraklı türler için 0,48 olarak kabul edilen katsayılarla karbon miktarı hesaplanmaktadır (IPCC, 2006). Ülkemizde ormanlarda depolanan karbon miktarının hesaplanmasında ilk aşamada Prof. Dr. Ünal Asan tarafından geliştirilen kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı ve BEF katsayıları kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Karabıyık, 2014). Kök/sak oranı içinse IPCC (2003) kılavuzunda verilen değerler kullanılmıştır. Daha sonra ise Tolunay (2013) tarafından BEF ve kabuklu gövde odunu hacim ağırlıkları güncellenmiştir. Ancak Türkiye orman envanterinde göğüs yüksekliğindeki çapı 8 cm'den küçük ormanlarda çalışma yapılmamaktadır. Bu nedenle Türkiye sera gazları ulusal envanterlerinde yaklaşık 1,8 milyon ha kadar olan bu orman alanlarındaki karbon stokları çeşitli kabullerle yapılmaktadır. Gerek genç olarak adlandırabileceğimiz göğüs yüksekliğindeki çapı 8 cm'den küçük meşcerelerde gerekse daha kalın çaplı ormanlarda toprak altı bitkisel kütle tahmininde de IPCC (2006) kılavuzunda verilen katsayılar kullanılmaktadır.

Sunulan bu çalışma ile göğüs yüksekliğindeki çapı 8 cm'den küçük doğal karaçam meşcerelerinde 1) tek ağaç düzeyinde çeşitli ağaç bileşenlerinin (ibre, dal, kabuk, toprak üstü bitkisel kütle, toprak altı kütle) bitkisel kütlelerinin tahmini için dip çap, ağaç boyu, kabuklu gövde odunu hacmi gibi parametrelerin bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemler geliştirilmesi; 2) benzer şekilde birim alandaki (1 ha) ağaç bileşenleri bitkisel kütlesini tahmin etmede kullanılabilecek denklemler üretilmesi; 3) birim alandaki ağaç bileşenleri bitkisel kütle miktarlarının ortaya konması; 4) kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı ile bitkisel kütle genişletme katsayıları ve kök sak oranlarının ortaya konması amaçlanmıştır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1.KARAÇAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold), Spermatophyta (Tohumlu bitkiler) şubesi, Gymnospermea (Açık tohumlular) alt şubesi, Conifereae (İğne yapraklılar) sınıfı, Pinoideae takımı (Pinaceae) familyasından bir çam türüdür (Yaltırık ve Efe, 1994).

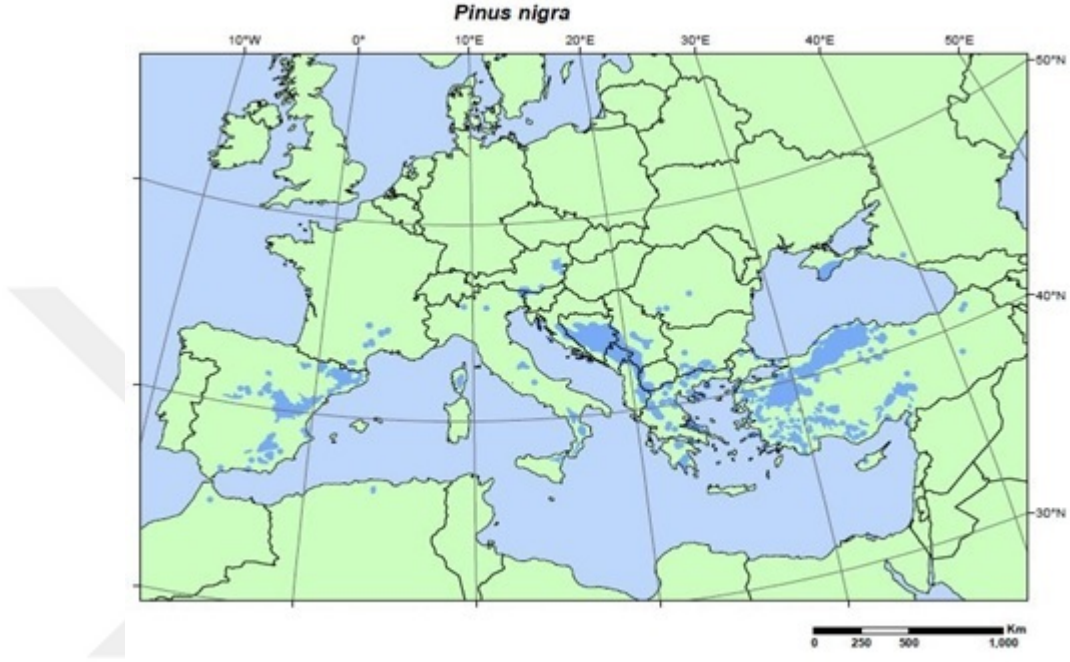
Ülkemizin asli ağaç türlerinden olup 400 ile 2100 m’ler arasında yayılış göstermektedir. Yaşlı bireylerin gövdesi derin çatlaklı yapıdadır ve esmer renkte kalın kabuklara sahiptir. 40 m’ye kadar boylanabilen Karaçamın çapları ise 1 m’ye ulaşabilir ve silindir biçiminde düzgün gövdeye sahiptir (Yaltırık ve Efe, 1994). Tomurcukları reçineli, büyük, silindirik ve uçları sivridir, tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir. 4-18 cm uzunluğundaki iğne yaprakları koyu yeşil ve serttir. Sürgün uçlarına doğru yapraklar çanak görünümü almaktadır. İğne yaprakların kenarı ince dişli, uç kısımları sertleşmiştir (Yaltırık ve Efe, 1994).

Toprak istekleri bakımından kanaatkâr olan bu tür, derin topraklarda kazık kök yapar, sığ ve sert topraklarda ise yürek kök sistemini oluşturur. Yetiştirme özelliği bakımından nemli derin ağır balçıkla kumlu balçık ve balçıklı-kum topraklarında iyi yetişir (Yaltırık ve Efe, 1994).

Dünya üzerinde oldukça geniş alanda yayılış gösteren Karaçam, Kuzey Afrika’da Cezayir ve Fas çevrelerinde, Avrupa’da İspanya’nın güney ve doğu kesiminde, Güney Fransa’da, Güney ve Kuzeydoğu İtalya’da, küçük alanlar halinde Avusturya’da, Balkan yarımadasında, Kırım’da ve Kıbrıs’ta bulunur (Alptekin, 1986) (Şekil 2.1).

Ülkemizde ise Kuzeydoğuda Tokat ile Güneydoğuda Kahramanmaraş’ın batısında geniş alanlarda saf ve karışık olarak bulunur. Karadeniz Bölgesinde bazı bölgelerde sahil kesiminden başlayarak 400-1400 m arasında geniş alanlarda saf, Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Gökmar (*Abies* spp.), ve Meşe (*Quercus* spp.) ile 1400-1700 m arasında karışık halde, Yozgat, Ankara gibi bozkır alanlarda lokal yayılış gösterir (Alptekin,

1986). Kuzey Anadolu dağlarının içe bakan yamaçlarında; Batı Anadolu, Güney Anadolu'nun (özellikle Torosların) kuzeye bakan yamaçlarında Kızılçam, Sarıçam, Sedir, Ardıç, Gökmar, Kayın ve Meşe ile karışık ormanlar kurar (Yaltırık ve Efe, 1994) (Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Karaçamın dünyadaki yayılışı (EUFORGEN, 2009).

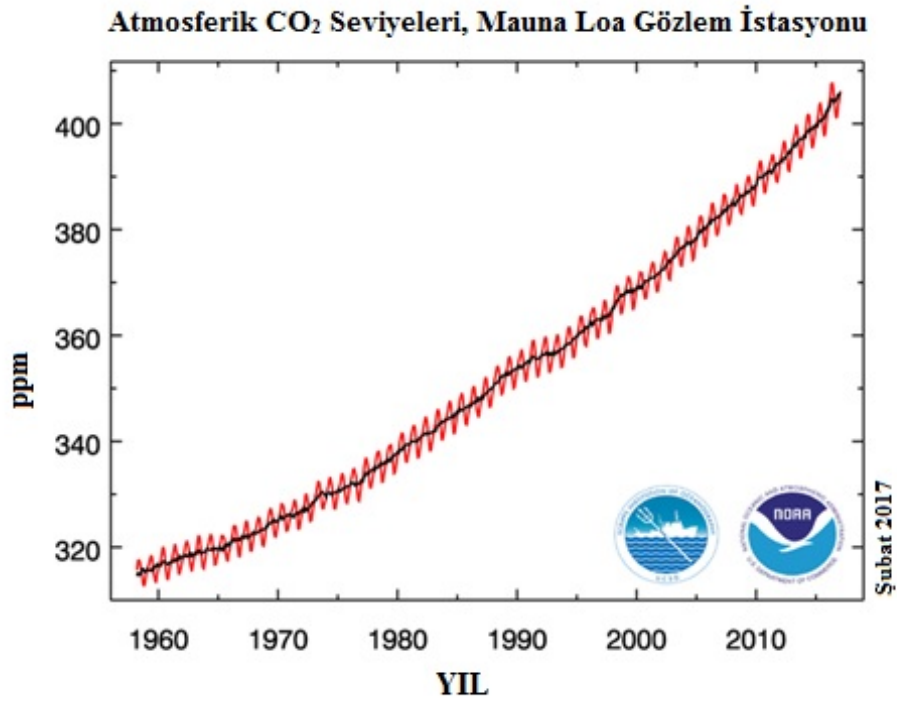


Şekil 2.2: Türkiye’de karaçamın dağılımı (OGM, 2015).

Karaçam'ın ülkemizdeki alansal dağılımı 4.693.060 ha'dır. 22.3 milyon ha olan ülkemiz ormanlarının %19,0'lık bir kısmını kaplar (OGM, 2015).

2.2. BİTKİSEL KÜTLE İLE İLGİLİ BİLGİLER

Endüstri devriminden bugüne atmosferdeki karbondioksit ve diğer sera gazlarının konsantrasyonunda süregelen şiddetli bir artış vardır (Lal, 2004). Atmosferde CO₂ konsantrasyonu seviyesi sanayi devriminden önceki dönemlerde 280 ppm civarındayken (IPCC, 2007) NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) verilerine göre 2016 yılı sonunda 404,21 ppm seviyelerine ulaşmıştır (NOAA/ESRL, 2017) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Atmosferik CO₂ Seviyeleri, Mauna Loa Gözlem İstasyonu (NOAA/ESRL, 2017).

Karasal ekosistemlerde (ormanlarda) bitkisel kütlede ve topraklarda depolanan karbonun miktarı atmosferdeki CO₂ miktarındaki değişimlerden etkilenmektedir (Tolunay ve Çömez, 2008). Ormanlarda karbon tutumu süreçlerini ve karbon döngüsünü daha iyi anlayabilmek için ağaçların bitkisel kütleleri hakkında bilgiye ihtiyaç vardır (Durkaya ve diğ., 2013).

Orman ekosistemlerindeki karbon miktarını belirleyebilmek içinde önce bitkisel kütlenin bilinmesi gerekmektedir. Orman ağaçlarında bitkisel kütlenin belirlenmesi ağaçların kesilmesi, köklenmesi, kurutulması ve ağaç bileşenlerinin tartılması gibi zor ve zaman alıcı süreçler içerir. Bu nedenle alternatif teknikler geliştirilmektedir. Bunlara örnek olarak hacimden kütle hesaplanması BEF ve BCEF katsayıları, doğrudan regresyon denklemleri, uzaktan algılama teknikleri gösterilmektedir.

Tek ağaç ya da birim alan düzeyinde ağaçlardaki bitkisel kütle belirlendikten sonra bitkisel kütle bu kütlenin karbon içeriği ile çarpılarak karbon miktarı hesaplanabilmektedir. Ağaçlardaki bitkisel kütlenin belirlenmesinde analiz yapılarak karbon içeriği belirlenebildiği gibi, IPCC (2007) kılavuzunda ağaçların karbon içeriği için verilen karbon katsayıları da kullanılabilir. Ağaçların karbon içeriği geniş yapraklı ve iğne yapraklı türler için uzun yıllar 0,50 olarak kabul edilmiştir (IPCC, 2003). Ancak günümüzde ağaçların karbon içerikleri ile ilgili katsayılar güncellenmiştir. Bu oranlar iklim kuşaklarına göre farklı alınmaktadır. Örneğin ılıman bölge ormanları için karbon katsayısı geniş yapraklı türler ve iğne yapraklı türler için sırasıyla 0,48 ve 0,51 olarak kullanılmaktadır (IPCC, 2007).

Başta karbondioksit olmak üzere iklim değişikliğinde etkisi olan diğer sera gazlarının atmosferdeki miktarını azaltmanın yolları, salımların sınırlandırılması, fosil yakıtlar yerine bitkisel kütle kullanımının yaygınlaştırılması ve karbon havuzlarında tutulan karbon miktarının artırılmasından geçmektedir (Janzen, 2004).

Orman ekosistemlerinde karbon, karbon havuzu olarak adlandırılan değişik kompartımanlarda depolanmaktadır (Tablo 2.1). FAO (2015) tarafından ülkemiz ormanlık alanlarının 11.715.000 ha'lık alanı verimli orman, 10.130.000 ha'ı bozuk orman niteliğinde tanımlanmıştır. Verimli ormanlarda toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütle miktarı 1,62 milyar ton, bozuk ormanlarda ise 307,2 milyon ton olarak raporlanmıştır. Her iki orman formunda toplamda 1,93 milyar ton bitkisel kütle stok değeri olduğu belirtilmektedir (Tablo 2.2.).

Tablo 2.1: Orman ekosistemlerinde karbon havuzları (IPCC, 2003; IPCC, 2006).

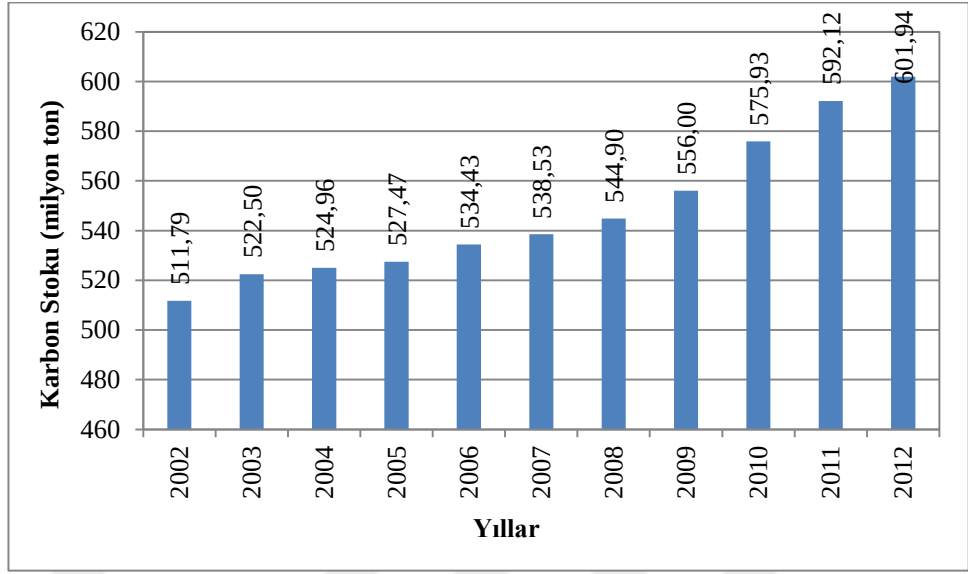
Karbon Havuzları	Temel Bileşenler	
	Ağaç	Gövde, Kabuk, Dal, Yaprak/İbre, Sürgün
	Diri Örtü	Toprak üzerindeki otsu ya da odunsu çalı formundaki canlı tabaka
Toprak üstü	Ölü örtü	Organik toprak üzerindeki tüm ölü tabaka
	Ölü odun (dikili kuru)	Döküntü ya da canlı gövdeler dışında dikili kuru haldeki veya tabanda ya da toprakta bulunan tün odunsu biyokütle
Toprak		Toprak organik maddesi
		Kılcal (0-2cm), ince (2-5cm), kalın (5-10cm) kökleri
Toprak altı	Kökler	içermektedir

Tablo 2.2: Türkiye ormanlarında ve bozuk orman alanlarındaki 2015 yılı bitkisel kütle stok değerleri FAO (2015).

Türkiye	Toprak üstü bitkisel kütle	Toprak altı bitkisel kütle	Toplam bitkisel kütle	Toplam alan (1000 ha)
Verimli Ormanlar (milyon ton)	1284,0	340,0	1624,0	11715
Bozuk Ormanlar (milyon ton)	216,0	91,3	307,2	10130
Toplam (milyon ton)	1500,0	431,3	1931,2	21845

Tolunay (2011) tarafından ise Türkiye'deki bitkisel kütledeki karbon stokları hesaplanmıştır. 2004 yılında ormanlardaki ağaç serveti miktarları temel alınarak yapılan çalışmada 370,74 milyon tonu toprak üstü kütlerde, 109,12 milyon tonu toprak altı kütlerde olmak üzere ormanlarda ağaçlardaki toplam karbon stokunun 478,87 milyon ton olduğu bulunmuştur (Tolunay, 2011). Karabıyık (2014) tarafından da Türkiye ormanlarındaki toplam karbon stokları incelenmiştir (Şekil 2.4).

2014 yılında Türkiye ormanlarının atmosferdeki sera gazı emisyonlarından 17,83 milyon ton/yıl karbonu canlı bitkisel kütle de tutmaktadır ve bunun yanı sıra atmosfere ticari amaçlı odun üretim çalışmaları, yakacak ihtiyaçları ve orman yangınları sonucunda da yaklaşık 8 milyon ton/yıl atmosfere geri salım gerçekleştirmektedir. Türkiye ormanlarında yılda net 9,82 milyon ton/yıl karbon tutulmaktadır (NIR Turkey, 2016).



Şekil 2.4: 2002-2012 yılları arasında Türkiye ormanlarında ağaçlardaki karbon stokları (Karabıyık, 2014).

Asan (2010) Ormancılık Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu'nda ormanların iklim değişikliği üzerindeki rollerini şu şekilde açıklamıştır:

1. Ormanlar, orman toprağı ve orman ürünleri ile birlikte karbon depolarıdır.
2. Sürdürülebilir bir şekilde yönetilen ormanlar atmosferden daha fazla CO₂ uzaklaştırır.
3. Ormanlar fosil yakıtlara alternatif, temiz enerji kaynağıdır.
4. Ormanların tahribi emisyon artışına neden olur.

Ormanda bitkisel kütle sürdürülebilir orman yönetiminde önemli bir yere sahiptir çünkü ormanın verimliliğı için bir göstergedir. Bitkiler CO₂'i bitkisel kütle üretiminde kullanır. Karasal ekosistemlerde bitkisel kütle toprak üstü ve toprak altında birikir. Bir ağaçta toprak üstü bitkisel kütle kabuklu gövde odunu, dal ve ibre veya yapraktan, toprak altı bitkisel kütle ise ağacın köklerinden oluşur (Tolunay, 2012).

En doğru bitkisel kütle tahminlerini elde etmek için, literatürde kullanılan en yaygın metotlar hem tek ağaç için hem de meşcere için göğüs çapı ($D_{1,30}$), göğüs yüzeyi, ağaç boyu (H), çevresi ve $((D_{1,30})^2, (D_{1,30})^2 * H, H / D_{1,30}, D_{1,30}/H)$ bunların çeşitli kombinasyonları test edilmiştir (Gallego ve diğ., (1993) atfen Santa Regina, (2000)).

$D_{1,30}$ 'un açıklayıcı değişken olarak dahil edildiği tüm durumlarda $y=ax^b$ denklemi optimum olarak düşünülebilir çünkü $D_{1,30}$ en yaygın kullanılan, ölçümü net ve kolay olan bir parametredir (Santa Regina, 2000).

Næsset (2004) boreal orman ekosistemlerinde toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütlenin tahmin edilmesi üzerinde yaptığı çalışmada ladin, çam ve huş ağaçlarının çeşitli bileşenleri için toplam toprak üstü ve altı bitkisel kütle allometrik denklemlere göre hesaplamıştır. Toprak altı bitkisel kütle, 5 cm'den ince ve kalın kökler için denklemlerin ayrılmasıyla bağımsız değişken olarak $D_{1,30}$ veya $D_{1,30}$ ve H birlikte kullanılarak hesaplanmış, toprak üstü bitkisel kütle de gövde, dal, kabuk, kuru ve yaş dallar ve yaprakların toplam bitkisel kütlesi olarak $D_{1,30}$ ve H 'ya göre hesaplayıp ortaya koymuştur.

Miskys ve diğ. (2007) Litvanya'da sarıçam için yaptıkları çalışmada tek ağaç bitkisel kütlesinde, ağaç bitkisel kütle bileşenleri ile ağaç parametreleri arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmek ve bitkisel kütlesi tahmininde kullanılacak denklemler geliştirmek için göğüs çapı ($D_{1,30}$), boy (H), $(D_{1,30})^2H$, ve $(D_{1,30})$ ile H'nin birlikte bağımsız değişken olarak kullanıldığı doğrusal olmayan modeller test etmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında en iyi sonucun en yaygın ölçülebilir parametreler olan $(D_{1,30})$ ve H'nin ağaç bitkisel kütle bileşenleri ile ilişkisini tanımlayan denklemler olduğu ifade edilmiştir.

En yaygın olarak kullanılan çap, boy gibi kolay ölçülebilen değişkenlerin yanı sıra bazı farklı parametrelerde mevcuttur. Göğüs yüzeyi ve ağaçların tepe tacı boyutlarından tepe yüksekliği, tepe tacı genişliği ve ağaç yaşı da bitkisel kütle tahmininde bağımsız değişken olarak kullanılan parametrelerdendir (Cienciala, 2008; Khosravi, 2012).

Bitkisel kütle hakkında daha net ve kesin verilerin elde edilmesi sayesinde orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarının belirlenebilmesi adına önemli bir aşama kaydedilmiş olur.

Orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarı hesapları Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan LULUCF ve AFOLU rehberleri kullanılarak orman envanteri kayıtlarında hacim olarak belirlenen ağaç serveti ve artım

değerlerinin önce bitkisel kütleye, daha sonra ise bu bitkisel kütledeki karbon miktarına dönüştürülerek yapılmaktadır (Tolunay, 2013a).

2.3. TÜRKİYE'DE BİTKİSEL KÜTLE ÇALIŞMALARI

Türkiye’de bitkisel kütle çalışmaları aslında 1970’li yıllarda başlamış olsa da uzun zaman çok fazla çalışılmamıştır. Son yıllarda özellikle yüksek lisans ve doktora tezleri kapsamında araştırmalar yoğunlaşmıştır (Tablo 2.3).

Bitkisel kütlenin tahmini için birçok çalışmada farklı yöntem ortaya konulmaya çalışılmıştır. Gövde, dallar, yapraklar veya ibreler ve kabuk gibi ağaç bileşenlerinin bitkisel kütlesi göğüs yüksekliği çapı ($D_{1,30}$) veya göğüs yüksekliği çapı ($D_{1,30}$) ve boy (H) ‘a dayalı farklı regresyon modelleri kullanılarak kolayca tahmin edilebilmektedir (Miskys ve diğ., 2007).

Tablo 2.3: Türkiye’deki bitkisel kütle çalışmaları (Tolunay, 2013a).

Ağaç türü	Ağaç sayısı	Çap aralığı (cm)	Kaynak	Ağaç türü	Ağaç sayısı	Çap aralığı (cm)	Kaynak
<i>Pinus sylvestris</i>	10	19,5-31,0	Uğurlu ve ark., 1976	<i>Quercus</i> sp.	32	10,0-31,0	Durkaya, 1998
<i>Pinus sylvestris</i>	33	17,0-66,0	Atmaca, 2008	<i>Quercus</i> sp.	310	7,0-38,5	Makineci ve ark., 2011
<i>Pinus sylvestris</i>	46	10-50	Aydın, 2010	<i>Fagus orientalis</i>	32	11,0-46,0	Saraçoğlu, 2000
<i>Pinus sylvestris</i>	50	10-46	Ülker, 2010	<i>Fagus orientalis</i>	11	8,6-16,0	Makineci ve ark., 2011
<i>Pinus sylvestris</i>	55	7,1-63,2	Çömez, 2011	<i>Castanea sativa</i>	34	15,0-37,0	İkinci, 2000
<i>Pinus sylvestris</i>	13	6,1-10,9	Tolunay, 2012	<i>Alnus glutinosa</i>	86	7,0-30,0	Saraçoğlu, 1998
<i>Pinus brutia</i>	14	9,0-39,8	Sun ve ark., 1980	<i>Robinia pseudoacacia</i>	12	7-15	Tüfekçioğlu ve Güner, 2008
<i>Pinus brutia</i>	33	8,0-52,0	Ünsal, 2007	<i>Carpinus</i> sp.	12	6,9-20,4	Makineci ve ark., 2011
<i>Pinus nigra</i>	44	12,0-60,0	Çakıl, 2008	<i>Sorbus</i> sp.	12	7,1-23,4	Makineci ve ark., 2011
<i>Picea orientalis</i>	30	20,0-52,0	Özkaya, 2004				
<i>Abies</i> sp.	34	7-56	Karabürk, 2011				
<i>Cedrus libani</i>	36	10-46	Ülküdür, 2010				

Türkiye’de bitkisel kütle çalışmalarının ilk örneklerine Uğurlu ve diğ. (1976) ve Sun ve diğ. (1980)’in çalışmaları karşılaşılmaktadır. Uğurlu ve diğ. (1976) Ankara-Kızılcahamam da sarıçam meşcerelerinde, Sun ve diğ. (1980) Antalya da kızılçam meşcerelerinde bitkisel kütle çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

Uğurlu ve diğ. (1976)’nin çalışmaları özellikle göğüs çapına ($D_{1,30}$) bağlı birim alandaki ağaç bileşenlerinin fırın kurusu ağırlıklarının tahmin edilebilmesi için geliştirilen denklemlerin tüm ağacı kullanacak ve buna benzer çalışmalar yapacak kişiler için yararlı olacağı düşünülmüştür. Çalışmada ortaya çıkan denklemler değerlendirildiğinde göğüs çapına bağlı eşitliklerin küçük çaplı ağaçların biyolojik kütlelerinin tahmin edilmesinde yetersiz kaldığı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçla, elde edilen denklemlerin göğüs çapı 20 cm ve üzeri için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Sun ve diğ. (1980) yaptıkları çalışmada, ağaç bileşenlerine ait yaş ve fırın kurusu ağırlıkların daha sağlıklı tahmini için $D_{1,30}$ çap, ağaç boyu ve ağaç yaşının kullanarak elde edilen denklemlerin kullanılmasını önermektedirler.

Takip eden yıllarda Saraçoğlu (1988) kızılğaç için gövde hacmi ve bitkisel kütle tablolarını düzenlemiştir. Saraçoğlu (1988) gövde hacmi için göğüs çapını kullanan tek girişli hacim modeli ile göğüs çapı ve boyu kullanan çift girişli hacim modellerini düzenlemiştir. Sonrasında gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar gibi ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıklarını verecek beş (5) bitkisel kütle modelleri denemiş ve en uygun modelin Alemdağ Modeli (1980) adı verilen Kuru Ağırlık= $a+bD_{1,30}^2+cH$ olduğunu ortaya koymuştur. Böylece ağaç bileşenlerinin kuru ağırlık değerlerinin çift girişli ağaç hacim tablolarına benzer şekilde, çap ve boyun fonksiyonu olarak tahmin edilmesine imkân sağlanmıştır.

Durkaya (1998) Zonguldak yöresinde tek ağaç için ve hektardaki bitkisel kütle için meşe bitkisel kütle tablolarını oluşturmuştur. Bağımsız değişken olarak sadece göğüs çapı ($D_{1,30}$) kullanılmıştır. Bağımsız değişken ile tek ağacın gövde, dal ve yaprak yaş ağırlığı arasındaki ilişki, hektardaki gövde yaş ağırlığı-tüm ağacın gövde yaş ağırlığı arasındaki ilişki, hektardaki dal yaş ağırlığı-taç yaş ağırlığı arasındaki ilişki, hektardaki yaprak yaş ağırlığı arasındaki ilişki, tek ağacın bileşenlerine ait kuru ağırlıkların göğüs çapı ile ilişkisi, hektardaki değerlerin gövde ve tüm ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları

ile göğüs çapı arasındaki ilişki irdelenmiş ve ayrı ayrı denklemler geliştirilmiştir. Sonuçların Batı Karadeniz yöresinde %70 kapalılıktaki meşe meşcereleri için daha uygun olacağı belirtilmiştir.

İkinci (2000) Zonguldak yöresinde kestane bitkisel kütle tablolarını düzenlemiştir. Deneme alanlarında bireylerin göğüs çapları, boyları ve ağaçların taç çapları gibi parametreler ölçülmüştür.

Özkaya (2004) Artvin yöresi doğu ladini ormanlarında toprak üstü bitkisel kütle çalışması yapmıştır. Çalışmada çapa ve boya dayalı denklemler geliştirilmiş, çapın kullanıldığı denklemin boydan daha yüksek R^2 değerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sayede çap ve boy gibi bağımsız değişkenler yardımıyla ağaç bileşenlerinin yaş ve kuru ağırlıklarının tahmininde en yüksek ilişkinin tüm kuru ağırlık ile çap arasında power (üs) fonksiyona göre olduğu saptanmıştır.

Ünsal (2007) Adana yöresinde kızılçam bitkisel kütle tablosunu düzenlemiştir. Çalışmada, tek ağaç için yaş-kuru ağırlıkları ve hektardaki ağaçların yaş-kuru ağırlıklarını çap ile ilişkilendirmiş ve regresyon analizi uygulamıştır.

Atmaca (2008) Erzurum yöresi sarıçam bitkisel kütle tablosunu düzenlemiştir. Önce çap ($D_{1,30}$), sonra çap ($D_{1,30}$) ve boy (H) bağımsız değişken olarak ele alınmış ve bitkisel kütle için regresyon denklemleri geliştirmiştir.

Çakıl (2008) Zonguldak'ta karaçam bitkisel kütle tablosu düzenlemiştir. Sadece çapa bağlı bitkisel kütle tablosu için ağaç bileşenlerinin tek ağaç ve hektardaki yaş ve kuru ağırlıklar ile göğüs yüzeyi orta ağacının $D_{1,30}$ çapının değerlerini eksen üzerindeki dağılımını en iyi yansıtan model tespit edilmiştir. Çap ve boyun beraber kullanıldığı tablolar için ise, yine aynı değerlerden oluşan en uygun fonksiyona göre işlem yapılmıştır.

Eraslan (2009) tesadüfi dal örnekleme ve önem örnekleme kullanarak karaçam ağaç türü için toprak üstü bitkisel kütle tahmini yapmıştır. Eraslan (2009) geleneksel örnekleme yöntemleri yerine çalışmada tesadüfi dal örnekleme ve önem örneklemesinin birlikte kullanılması ile yeni örnekleme yöntemi denemesi yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye şartlarında toprak üstü bitkisel kütle tahmininde

meşçereyi temsil edebilecek uygun örnek ağaçların seçimi şartıyla Orta Ağaç Yöntemi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Aydın (2010) Artvin sarıçam bitkisel kütle tablolarını düzenlemiştir. Bitkisel kütle tablolarını oluşturmada en kolay ölçülebilir parametre olan göğüs çapı ve göğüs çapından türetilmiş değişkenler kullanılmış ve Aşamalı Regresyon Analizi yönteminden faydalanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre gövde ve kabuk bitkisel kütlesi için $D_{1,30}^2$, dal bitkisel kütlesi için $1/D_{1,30}$, ibre bitkisel kütlesi için $\ln 2D_{1,30}$ ve tüm ağaç bileşenlerinin toprak üstü bitkisel kütlesi için ise $D_{1,30}$ ve $D_{1,30}^2$ değişkenleri yüksek önem düzeyi göstermiştir.

Adıyaman Doğan (2010) düzce yöresinde yetişen Doğu kayınının çap ile bitkisel kütle ve diri-odun ile yaprak yüzey alanı ilişkisini ortaya koymuştur. Adıyaman Doğan (2010) a göre kayın ağacının toprak altı ve toprak üstü toplam bitkisel kütlesi ile göğüs çapı arasında doğru orantı vardır. Göğüs çapı ile toprak üstü ana gövde arasında da doğru orantı olduğu ifade edilmiştir. Dal kısmı ve yaprak bitkisel kütleleri de aynı şekilde bir ilişki göstermektedir. Yaprak yüzey alanının da göğüs doğru orantı göstermektedir.

Doğan (2010) aynı yörede aynı çalışmayı Uludağ göknarında uygulamış ve çapın ilgili tüm bileşenlerle doğru orantılı olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

Ülker (2010) Amasya yöresi sarıçam bitkisel kütle tablolarını düzenlemiştir. Çalışmada dokuz adet farklı denklem denemiş, en uygun denklemin belirlenmesi için R^2 ölçütünü kullanılmıştır. En uygun modellerin belirlenmesinden sonra kontrol verileri ile genel bazda uygulanabilirlikleri test edilerek 0,05 önem düzeyinde, bu modellerin kullanılabileceğine karar verilmiştir.

Ülküdür (2010) Antalya Toros sediri meşçerelerinde bitkisel kütle tablolarını düzenlemiştir. Tek girişli tablolar için bağımsız değişken çap, çift girişliler için ise çap ve boy birlikte kullanılarak, bağımsız değişkenler ile ağaç bileşenleri arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan modeller belirlenmiştir.

Durkaya ve diğ. (2010) karaçam da yaptıkları çalışmada $D_{1,30}$ un bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelleri test etmiş ve ölçümlerle uyumlu sonuçlar verdiği

belirtilmiştir. Göğüs çapı ($D_{1,30}$) ve ağaç boyunun (H) bağımsız değişken olarak kullanıldığı modellerde test edilip uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, $D_{1,30}$ ve boyun bağımsız değişken olarak kullanıldığı modeller sadece $D_{1,30}$ un kullanıldığı modellerden daha kuvvetli korelasyon gösterdiği ortaya konulmuştur. Gövde ve tüm ağaç bitkisel kütle denklemleri yüksek korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Bu durumun hem tek ağaç bazında hem de meşcere bazında benzer sonuçlar verdiğini ve bitkisel kütle tahmininde uygun pratik denklemler olduğu ifade edilmiştir.

Yine Durkaya ve diğ. (2010) a göre, ibre ve dal denklemlerinde bitkisel kütlenin bağımsız değişkenlerle korelasyonu nispeten daha düşük çıkmıştır. Bu farklılığın sebebinin meşcerelerin standart olmayan müdahaleler görmesinden dolayı çok farklı tepe tacı gelişimi yaptığı için olduğu düşünülmektedir.

Çömez (2010) Sündiken Dağları'nda sarıçam da yaptığı doktora çalışmasında, ağaçlarda $D_{1,30}^2H$ indeksinin gövde kütlesini en iyi tahmin eden parametre olduğunu, göğüs çapının ($D_{1,30}$) ise diğer ağaç bileşenlerinin kütlesini daha iyi tahmin ettiğini ifade etmiş ve Çsa , Çsb3 , Çsbc3 , Çsc1 , Çsc2 , Çsc3 , Çsd1 , Çsd2 , Çsd3 meşcereleri için ayrı ayrı toplam ağaç kütlesi değerlerini ortaya koymuştur. Bu meşcere tiplerine göre ağaç kütlesi değerleri sırasıyla hektarda Çsa 5,000-54,506 t/ha; Çsb3 56,294-220,696 t/ha; Çsbc3 214,452-311,133 t/ha; Çsc1 32,358-141,426 t/ha; Çsc2 92,334-418,366 t/ha; Çsc3 234,487-520,155 t/ha; Çsd1 42,741-289,705 t/ha; Çsd2 109,763-570,681 t/ha ve Çsd3 331,402-432,318 t/ha arasında değişim gösterdiğini tespit etmiştir.

Yağcı (2010) Hopa Cankurtaran mevkiindeki sık ve seyrek yetiştirilen ve ilk aralama çağına gelen doğu kayını meşcerelerinde yaptığı bitkisel kütle kütle belirleme çalışmasında, sık yetiştirilen kayın meşcerelerinde hektarda 20,98 ton, seyrek yetiştirilen meşcerelerde hektarda 22,95 ton bitkisel kütle hesaplamıştır. Çalışma sonuçlarına göre bitkisel kütle değerleri her ne kadar birbirine yakın olduğu sonucu ortaya çıksa da, çalışmaya konu meşcerelere göre seyrek meşcerelerde ince çap kademelerinde, sık meşcerelerde ise kalın kademelerinde bitkisel kütle miktarlarının daha yoğun olduğu sonucu göze çarpmaktadır.

Karabürk (2011) Bartın göknar için bitkisel kütle tablosu düzenlemiştir. Bitkisel kütle tablolarının düzenlenmesinde tek girişli tablolar için $D_{1,30}$ bağımsız değişken olarak

kullanılmış, çift girişli tablolar içinde $D_{1,30}$ ve boy (H) bağımsız değişken olarak kullanılarak 11 adet bitkisel kütle ağırlık modeli denemiştir.

Makineci ve diğ., (2011) Kuzey Trakya da koruya tahvil meşe ekosistemlerinde yaptıkları çalışmada toprak üstü kısımlarda bitkisel kütle, karbon ve azot tahmini yapabilmek için bitkisel kütle, karbon ve azotun bağımlı, göğüs çapı ($D_{1,30}$) ve boy (H) bağımsız değişken olarak alınarak regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bitkisel kütle tahmini için tek ağaç bazında oluşturdukları birinci modelde, $D_{1,30}$ 'un bağımsız bitkisel kütlenin bağımlı değişken olduğu modeli kullanmışlardır. Çalışmada genel eğilimin bozulmaması adına modelde 4 cm'den küçük olan bireyler kullanılmamıştır. Oluşturulan ikinci modelde ise göğüs çapının karesi ile boyun çarpımı ($D_{1,30}^2H$) nın bağımsız değişken olduğu model oluşturulmuştur. Her iki modelde gerçeğe yakın uyumlu sonuçlar vermiş fakat sadece göğüs çapının kullanıldığı modelin bitkisel kütle tahmini için bir adım önde olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, farklı anakaya üzerindeki farklı meşcerelerde gelişim çağlarına göre toplam toprak üstü bitkisel kütle değerleri değişkenlik göstermektedir. Tüm alanda ortalama değerlere bakıldığında, en az toprak üstü bitkisel kütle bozuk meşcerelerde 2692,87 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bitkisel kütle miktarları a çağında 24859,60 kg/ha, b çağında 110084,06 kg/ha ve c çağında 182513,54 kg/ha olup, gelişim çağı arttıkça artmaktadır (Makineci ve diğ., 2011).

Macaroğlu (2011) Bartın yöresinde karışık meşcerelerde yaptığı bitkisel kütle ve karbon depolama kapasitesi belirleme çalışmasında, meşcere tiplerine göre ve meşcerelerin ortalama çaplarına göre ortalama değerler elde etmiştir. Bu ortalamalara göre, KnÇsbc3 (Ortalama Çap: 23 cm) 299887,38 kg/ha bitkisel kütle bulunmuştur. Aynı şekilde diğer meşcere tipi ve ortalama çaplara göre şöyledir; KnGbc3 (26 cm) bitkisel kütle 321522,48 kg /ha, KnGcd3 (32 cm) 509222,13 kg/ha bitkisel kütleye, GKnbcd3 (24 cm) 298394,66 kg/ha bitkisel kütleye, KnÇscd3 (30) 424908,12 kg/ha bitkisel kütleye KnÇsGcd3 (30 cm) 462674,43 kg/ha bitkisel kütleye GKncd3 (32 cm) 616767,80 kg/ha bitkisel kütleye GKKnÇscd3 (36 cm) 580265,35 kg/ha bitkisel kütleye KnGd3 (39 cm) 813723,76 kg/ha bitkisel kütleye, KnMbc3 (19 cm) 212449,07 kg/ha bitkisel kütleye, GKnd3 (38 cm) 774072,93 kg/ha bitkisel kütleye, ÇsKnGcd3 (30 cm) 352939,72 kg/ha

bitkisel kütleye, KnÇsd3 (36 cm) 509926,46 kg/ha bitkisel kütleye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Tolunay (2012) Bolu-Aladağ'daki genç sarıçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada, gövde odunu, kabuk, yaş dal, kuru dal, toplam dal, ibre ve toprak üstü bitkisel kütleyi tahmin etmeye yönelik doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon denklemleri geliştirmiştir. Çapları 6,10 ile 10,90 cm arasında değişiklik gösteren 13 ağaçta toprak üstü bitkisel kütle ortalama olarak 22,4 kg/ağaç olarak belirlenmiştir.

Lim (2012) yüksek lisans çalışmasında Torosların iç kısmında kermes meşesi ağırlıklı makilik alanların toprak üstü bitkisel kütle ve karbon depolama kapasitesini belirlemiştir. Çalışmada, örnek alanlardaki kuru bitkisel kütle ağırlığı 3,645 kg/m² ile 11,638 kg/m², karbon depolama değerleri de 1,811 kg/m² ile 5,716 kg/m² arasında bulunmuştur. Makiliklerle birlikte sahada hektardaki kuru bitkisel kütlenin 8,749-82,627 ton/ha, karbon depolama miktarının 4,346-40,585 ton/ha arasında değiştiği görülmüştür.

Orhan (2013) kızılçam, karaçam ve sarıçamın ticari ve ticari olmayan bileşenlerinin bitkisel kütle miktarlarının belirlenmesi üzerinde çalışmıştır. Bitkisel kütle tablolarının oluşturulmasında çap kademelerine göre örnekleme yapılmış ve denklemlerde bağımsız değişken olarak göğüs çapı ile boy kullanılmıştır. Çalışmada diğer bazı çalışmalardan farklı olarak dal odunlarında 4 cm'den ince ve 4 cm'den kalın olanlar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve çap ile arasındaki ilişkiye bakılmıştır.

Erkut (2013) Giresun-Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf Doğu Kayını meşcerelerinin ekosistem bazında karbon depolama kapasitesini belirlediği çalışmada, ağaç bileşenlerine ait, toprak üstü bitkisel kütle ve bitkisel kütleda depolanan karbonun tahmini için çapın ($D_{1,30}$) bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemler oluşturulmuştur.

Yılmaz (2015) Antalya yöresinde aynı yaşlı ve saf kızılçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada, kuru gövde, dal, ibre, kabuk ve toprak üstü toplam bitkisel kütle tablolarını oluştururken 17 farklı denklem denemiş ve en yüksek R^2 değerine sahip $y=aD_{1,30}^b$ power denklemini kullanılarak yapmıştır. En düşük R^2 değerini ibre kuru ağırlığı göstermektedir, gövde, dal ve tüm ağaç kuru ağırlıkları daha yüksek değer vermiştir.

Bunu da ibre ağırlığı ile çağ arasındaki ilişkinin zayıflığıyla açıklamış ve alometrik denklem yöntemine göre çapa bağlı geliştirilen denklemlerin daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde ettiğini ifade etmiştir.

Şatıroğlu (2015) Malatya-Arapgir yöresi meşe baltalıklarında toprak üstü bitkisel kütlenin belirlenmesi çalışmasında gövde kütlelerinin 8,3 ton/ha- 44,0 ton/ha arasında değiştiğini ve ortalama 20 ton/ha olduğunu, dallardaki bitkisel kütlenin 3,8 ton/ha- 30,4 ton/ha arasında değiştiğini ve ortalama 8,8 ton/ha, yaprak bitkisel kütlelerinin 0,6 ton/ha- 3,0 ton/ha ve ortalama 1,4 ton/ha, kabuk bitkisel kütlelerinin 1,8 ton/ha – 9,1 ton/ha ve ortalama 4,4 ton/ha, özetle ağaç bitkisel kütlelerini 16,9 ton/ha – 86,4 ton/ha ve ortalama 34,6 ton/ha olarak tespit etmiştir.

Sabancı (2016) Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü maki alanlarında yaptığı bitkisel kütle belirleme çalışmasında kapallığı %75 – 90 arasında değişen örnek alanlarda yaptığı ölçmeler sonucunda toprak üstü bitkisel kütleyi 74,99 kg/100 m² – 471,93 kg/100 m², toprak altı kuru bitkisel kütleyi de 173,45 kg/100 m² – 945,67 kg/100 m² arasında değiştiğini ortaya koymuştur.

Özellikle son yıllarda bitkisel kütle belirleme çalışmalarının yerini karbon birikimi çalışmaları almaktadır. Ama unutulmamalıdır ki en doğru karbon birikimi değerlerinin elde edilmesi için bitkisel kütlenin en sağlıklı şekilde hesaplanması ve ortaya konulması gerekmektedir. Bu anlamda bitkisel kütle çalışmaları her dönemde önemini koruyacaktır.

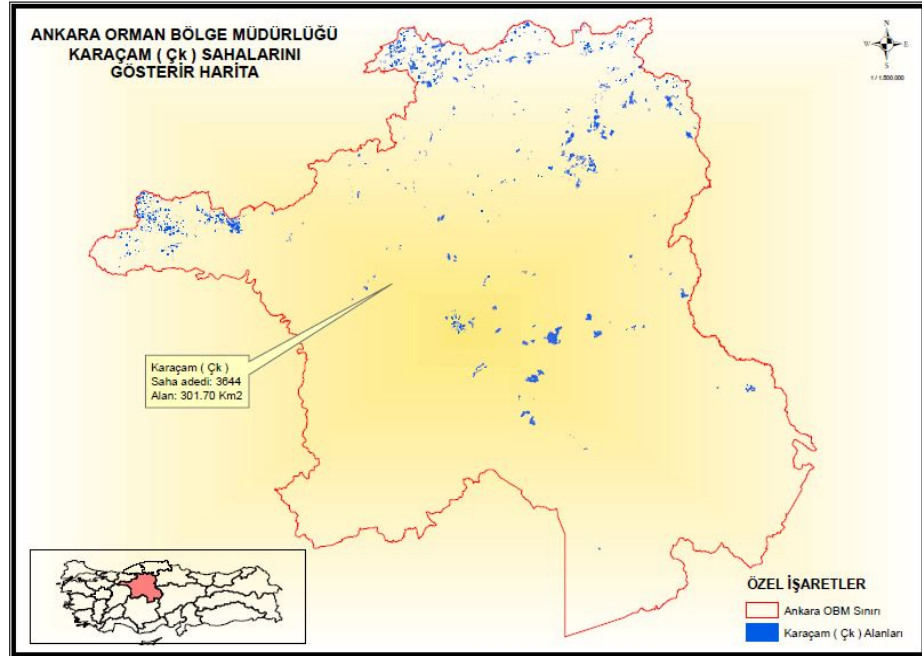
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANININ GENEL TANITIMI

3.1.1. Mevkii

İç Anadolu Bölgesinde bulunan Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Ekvatora göre 38 24 13" -41 09 47" Kuzey enlem dereceleri; Greenwich'e göre 29 59 22" – 30 41 06" Doğu boylam dereceleri arasında bulunmaktadır (Şekil 3.1).

Çalışma alanının Ankara ilinde; Yıldırım dağı, İdris dağı, Elmadağı (1809 m), Balakan dağları, Çankırı ilinde; Ilgaz Dağı (Çatal Ilgaz), Küçükhacet Tepe, Işık dağı (Işık Tepe 1894 m) Kırşehir ilinde; Kargasekmez Dağı, Çiçek Dağı, Kervansaray Dağı ve Naldöken Dağları bulunmaktadır. Diğer yüksek tepelerden de Bozalan Tepe (2039) sayılabilir.



Şekil 3.1: Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında kalan karaçam meşcerelerini gösterir harita.

3.1.2. İklim

Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırları yarı karasal, yarı kurak iklim koşullarının etkili olduğu İç Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 1500 m'ye kadar olan bölgelerde 8-12 °C iken yüksek kesimlere doğru düşmektedir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 0 °C dolaylarındadır. Temmuz ayı ortalama sıcaklığı bölgenin alçak kesimlerinde 20 °C'nin üzerindedir. En yüksek sıcaklık kuru ve sıcak havanın bölgeyi etkilediği günlerde 40 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Gündüz 30 °C olan sıcaklık, gece 15 °C'ye kadar düşmekte olup gece ile gündüz arasındaki bu sıcaklık farkı bağıl nemin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 3.1-3.9).

Tablo 3.1: Nallıhan 1965-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

1965-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Nallıhan		Enlem: 40,1733											
Yükselti: 650 m.		Boylam: 33,2857											
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	15,3	7,8	12,9	18,2	23,8	28,1	31,3	31,4	27,3	21,0	13,1	7,3	19,0
Min. Ort. Sıc. °C	-2,5	-1,6	1,5	5,2	9,1	12,6	15,2	15,3	11,6	7,1	2,2	-0,5	6,3
En Yük. Sıc. °C	11,7	15,0	21,9	26,6	30,6	34,5	36,9	36,6	33,5	28,5	20,1	14,0	25,8
En Düş. Sıc. °C	-	-9,0	-5,3	-0,1	4,0	7,8	10,9	11,2	6,6	1,9	-3,7	-7,5	0,5
Yağış Ort. mm	43,3	32,2	35,8	37,7	31,7	21	11,3	8,5	12,6	25,5	30,5	45,8	335,9
Güneş. Süre. (sa-da)	2,36	4,59	5,39	6,46	8,46	10,1	11,2	10,4	8,49	6,28	5,01	2,42	6,8

Tablo 3.2: Beypazarı 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

1960-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Beypazarı		Enlem: 40,1608											
Yükselti: 682 m.		Boylam: 31,9172											
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	4,7	7,3	12,7	18,3	23,8	28,3	32,0	31,8	27,1	20,5	13,1	6,8	18,9
Min. Ort. Sıc. °C	-1,7	-0,9	2,2	6,7	11,0	14,4	17,2	17,1	13,2	8,7	3,7	0,5	7,7
En Yük. Sıc. °C	11,8	14,7	21,9	26,6	30,9	35,0	37,5	37,3	33,5	28,4	20,0	13,9	26,0
En Düş. Sıc. °C	-9,2	-8,5	-5,1	-0,1	4,9	9,3	12,1	12,4	7,4	2,2	-2,7	-6,5	16,2
Yağış Ort. mm	48,6	39	38,1	44,6	40,4	28,3	14,1	12,4	15,1	28,6	32,9	56,9	33,3

Tablo 3.3: Polatlı 1964-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

1964-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Polatlı		Enlem: 39,5834											
Yükselti: 886 m.		Boylam: 32,1624											
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	3,8	6,2	11,6	16,8	22,0	26,6	30,3	30,1	25,8	19,5	12,1	6,0	17,6
Min. Ort. Sıc. °C	-3,5	-2,6	0,4	4,9	8,8	12,2	15,3	15,3	11,4	7,1	2,2	-1,2	5,9
En Yük. Sıc. °C	11,8	14,4	21,1	25,3	29,3	33,6	36,1	35,8	32,3	27,8	19,8	14,1	25,1
En Düş. Sıc. °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En Düş. Sıc. °C	12,3	11,3	-7,4	-2,2	2,4	6,5	9,9	10,1	5,3	0,3	-4,8	-9,1	-1,0
Yağış Ort. mm	36,6	27,8	32,7	44,1	43,7	33,7	13,8	9,8	11,8	27,8	32	42,8	356,6
Güneş. Süre. (sa-da)	2,48	4,14	5,31	6,36	8,31	10	11,2	11,6	9,1	6,27	4,37	2,36	6,8

Tablo 3.4: Kaman 1961-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

1961-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Kaman		Enlem: 39,3652											
Yükselti: 1075 m.		Boylam: 33,7064											
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	2,3	4,2	9,5	14,9	19,8	24,0	27,5	27,5	23,3	17,4	10,3	4,7	15,5
Min. Ort. Sıc. °C	-4,4	-3,4	0,1	4,8	8,6	11,6	13,9	13,9	10,7	6,9	1,9	-1,9	5,2
En Yük. Sıc. °C	9,5	12,0	18,6	23,1	26,7	30,7	33,4	33,4	29,7	25,2	17,7	12,2	22,7
En Düş. Sıc. °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En Düş. Sıc. °C	12,8	11,9	-8,3	-2,4	2,4	6,1	9,3	9,0	4,6	-0,2	-5,3	-9,6	-1,6
Yağış Ort. mm	53,1	48,3	49	57,3	48,1	30,4	10,1	7,3	13,4	32,1	50,5	63,2	462,8
Güneş. Süre. (sa-da)	3,22	4,23	6	7,07	8,55	10,4	11,5	11,3	9,4	6,48	5,06	3,06	7,2

Tablo 3.5: Ankara Bölge 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

1960-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Ankara Bölge		Enlem: 39,9727											
Yükselti: 891 m.		Boylam: 32,8637											
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	4,4	6,5	11,8	17,1	22,2	26,5	30,1	30,2	25,9	19,8	12,8	6,6	17,8
Min. Ort. Sıc. °C	-3,0	-2,1	1,1	5,6	9,7	13,0	16,0	16,0	11,8	7,4	2,4	-0,6	6,4
En Yük. Sıc. °C	11,8	14,2	21,0	25,3	29,2	33,2	35,9	35,8	32,3	27,6	19,9	14,2	25,0
En Düş. Sıc. °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En Düş. Sıc. °C	11,8	10,7	-6,2	-1,1	3,8	7,8	10,9	10,9	6,3	1,1	-3,8	-8,1	-0,1
Yağış Ort. mm	40,8	36,7	38,6	49,5	51	36,1	14,7	11	18,8	30,5	33,8	46,1	407,6
Güneş. Süre. (sa-da)	2,47	3,47	5,18	6,31	8,42	10,2	11,3	11,6	9,19	6,45	4,37	2,28	6,8

Tablo 3.6: Kırıkkale 1963-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

Kırıkkale Yükselti: 751 m.													
1963-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Enlem: 39,8433 Boylam: 33,5181													
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	4,1	6,7	12,5	17,9	22,9	27,4	30,9	30,8	26,6	20,5	12,7	6,2	18,3
Min. Ort. Sıc. °C	-3,0	-1,8	1,5	6,1	10,1	13,7	16,6	16,3	12,1	7,3	2,2	-0,7	6,7
En Yük. Sıc. °C	11,3	14,7	21,7	26,0	29,9	34,0	36,7	36,7	33,1	28,2	19,7	13,7	25,5
En Düş. Sıc. °C	11,4	10,1	-5,7	-0,7	4,1	8,7	12,0	11,5	6,6	0,8	-4,3	-7,6	0,3
Yağış Ort. mm	40,2	31,2	33,7	46	48,8	35,4	11,1	8,3	13,6	27,6	30,5	45,2	371,6
Güneş. Süre. (sa- da)	2,47	4,12	5,35	6,46	8,46	10,3	11,4	11,1	9,13	6,31	4,17	2,21	6,8

Tablo 3.7: Kırşehir 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

Kırşehir Yükselti: 1007 m.													
1960-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Enlem: 39,1639 Boylam: 34,1561													
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	4,5	6,3	11,3	16,7	21,6	25,9	29,6	29,7	25,6	19,6	12,6	6,6	17,5
Min. Ort. Sıc. °C	-4,1	-3,2	0,2	4,7	8,7	12,5	15,8	15,6	11,1	6,4	1,2	-1,8	5,6
En Yük. Sıc. °C	12,0	14,3	20,5	24,9	28,6	32,4	35,3	35,1	31,8	27,3	19,8	14,4	24,7
En Düş. Sıc. °C	13,2	12,6	-7,7	-2,0	2,9	7,2	10,9	10,7	5,3	-0,3	-6,0	-10,0	-1,2
Yağış Ort. mm	43,4	35,4	36,6	47	43,4	35,6	6,9	5,1	12,3	29,2	38,5	48,7	382,1
Güneş. Süre. (sa- da)	3,13	4,09	5,23	6,36	8,52	10,5	12	11,3	9,36	7,04	5,1	3,12	7,1

Tablo 3.8: Çerkeş 1965-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

Çerkeş Yükselti: 1126 m.													
1965-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Enlem: 40,815 Boylam: 32,8831													
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	2,6	3,7	8,9	14,4	19,1	22,8	26,3	26,9	22,9	17,3	11,0	4,9	15,1
Min. Ort. Sıc. °C	-7,1	-6,5	-3,1	1,3	4,8	7,5	9,6	9,6	5,8	2,4	-1,8	-4,5	1,5
En Yük. Sıc. °C	9,8	11,2	18,6	22,8	26,6	29,9	32,9	33,3	30,1	25,9	19,0	12,6	22,7
En Düş. Sıc. °C	18,3	17,2	-11,5	-5,8	-1,4	2,2	5,0	4,9	-0,1	-4,0	-9,1	-14,6	-5,8
Yağış Ort. mm	30,1	25,3	30,4	45,5	61,5	49,6	24,7	21,6	20,8	29,3	25,2	33,7	397,7
Güneş. Süre. (sa- da)	3,01	4,58	5,09	5,55	7,38	9,04	10,3	10,2	8,15	5,42	4,22	2,44	6,3

Tablo 3.9: Kızılcahamam 1960-2011 yılları arası meteorolojik gözlemler.

Kızılcahamam													
1960-2011 yılları arasındaki meteorolojik gözlemler													
Yükselti: 1033 m.													
Enlem: 40,4729													
Boylam: 32,6441													
Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max. Ort. Sıc. °C	3,4	5,2	10,2	15,6	20,6	24,6	28,4	28,6	24,5	18,5	11,4	5,4	16,4
Min. Ort. Sıc. °C	-4,9	-4,2	-1,2	3,1	6,9	10,0	12,9	12,6	8,4	4,3	0,0	-2,5	3,8
En Yük. Sıc. °C	10,1	12,4	19,7	24,3	27,9	31,5	34,7	34,7	31,4	26,6	18,9	12,5	23,7
En Düş. Sıc. °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yağış Ort. mm	67,8	58,7	55,1	61,8	62,4	42	23,2	21,1	22,7	36,7	45,8	84,2	581,5
Güneş. Süre. (sa- da)	2,31	3,25	4,32	5,17	7,26	9,03	10,3	9,19	7,22	5,14	3,43	2,07	5,7

3.1.3. Anakaya- Toprak

Araştırma sahalarının bulunduğu Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yarı kurak iklim şartları hakim olduğundan topraklar kireçli olup, çoğunlukla toprak profilinde kireç çökelekleri de görülmektedir. Doğal ormanların yayılış gösterdiği alanlarda intrazonal ve zonal topraklar görülmektedir. İklimin etkisiyle meydana gelen zonal topraklar şu şekildedir: Kahverengi topraklar; yıllık ortalama yağış miktarının 400 mm'nin altında olduğu yerlerde görülür. Bu toprağın üst katında yıkanan toprak B horizonunda birikerek kireçli bir yapı meydana getirir. Kestane renkli topraklar; 1000 m'den yüksek olan bölgelerde kuru orman örtüsü altında bulunur (Atalay, 2002).

Yağışın fazla olmasından ötürü kireç birikimi B horizonunun daha altında birikir. Siorezemler; Yağışın çok az olduğu bölgelerde görülür (Ör. Tuz Gölü çevresi). Bu tip toprakların alt kısmında yoğun olarak karbonat birikimine rastlanır. Drenajın iyi olmadığı ve anakayanın yüzeye çıktığı bölgelerde bulunan intrazonal topraklar şu şekildedir: Çorak topraklara, Konya Ovası ve Tuz Gölü çevresinde yer yer rastlanır. Toprağın altında bulunan tuzlu ve alkali maddeler dreneajı iyi olmayan bölgelerde, suyun buharlaşması sonucuyla yüzeye çıkarak toprak yüzeyinde birikme yapar. Azonal topraklar içinde incelenen alüvyal topraklar ise; Konya Ovası'nın büyük bir bölümünde ince malzemedan oluşan bu topraklar görülmektedir (Atalay, 2002).

3.1.4. Bitki Örtüsü

Çalışma alanının 1000 m'ye çıkan yüksekliklerinde bozkırlara, yükseklikler arttıkça da yarıkurak-yarınemli koşullara uygun kuru ormanlara rastlanmaktadır (Atalay, 2002).

İç Anadolu Bölgesi içerisinde kalan Ankara Orman Bölge Müdürlüğü ekolojik verilere göre üç ana başlıkta toplanabilir. Bozkır Bölümü; yüksekliği 1000 m'nin altında bulunan alanlar bu bölümde incelenir. Yıllık ortalama yağışın 400 mm'nin altında olması, bağıl nemin düşük olması ve yaz aylarının kurak ve sıcak geçmesinden ötürü ağaçların yetişmesine uygun değildir. Kireç ihtiyacı fazla olan otsu bitkilerin yetişmesine elverişlidir (Atalay, 2002).

Kuru Orman Bölümü; bozkır bölümünün üst kısmından başlar ve orman üst sınırına da kadar gelen bölümdür. Yağış 400 mm'nin üzerine çıkmaktadır. Sıcaklık düşüşünden kaynaklı yüksek kesimlere doğru çıkıldıkça vejetasyon süresi kısalmır. Meşe, Karaçam ve Sarıçam ormanlarını kapsamaktadır. Bu ormanların bitkisel kütle verimi diğer bölgelerdeki orman bitkisel kütlelerine göre daha düşüktür. Zor koşullar altında yetişen bu tür ormanlar tahribe karşı hassas olup, ortamdan kısa sürede kaybolmaktadır ve yerini bozkır bitkilerine bırakmaktadır. İç Anadolu Bölgesi genelinde olduğu gibi Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında yıllardır süregelen tahrip sonucunda meşe, karaçam, sarıçam ve ardıç ormanları büyük ölçüde ortadan kalkmıştır (Uslu, 1959)

Meşe topluluklarının genellikle bozkırların üst kısımlarında başladığına ve zaman zaman 1400- 1500 m'ye kadar yükseldiği görülmektedir. Karaçam ormanları ise, meşe ormanlarını bittiği üst kesimlerden başlayarak dağ çayırları kuşağına kadar çıkmaktadır. Bunların dışında Ankara'nın güneyinde bulunan Beynam Karaçam Ormanı Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarındaki karaçam ormanı varlığını göstermektedir (Atalay, 2002)

Karaçam ormanlarının tahribe uğradığı yerlerde laden (*Cistus laurifolius*) toplulukları görülmektedir. Bu regresif bir süksesyondur. Ankara-Kurtboğazı çevresinde 1000 m yüksekliklerde görülmektedir (Atalay, 2002). Çalışma alanındaki diğer yaygın ağaç topluluğunu ise Tüylü meşe (*Quercus pubescens*) oluşturmaktadır (Akman, 1974).

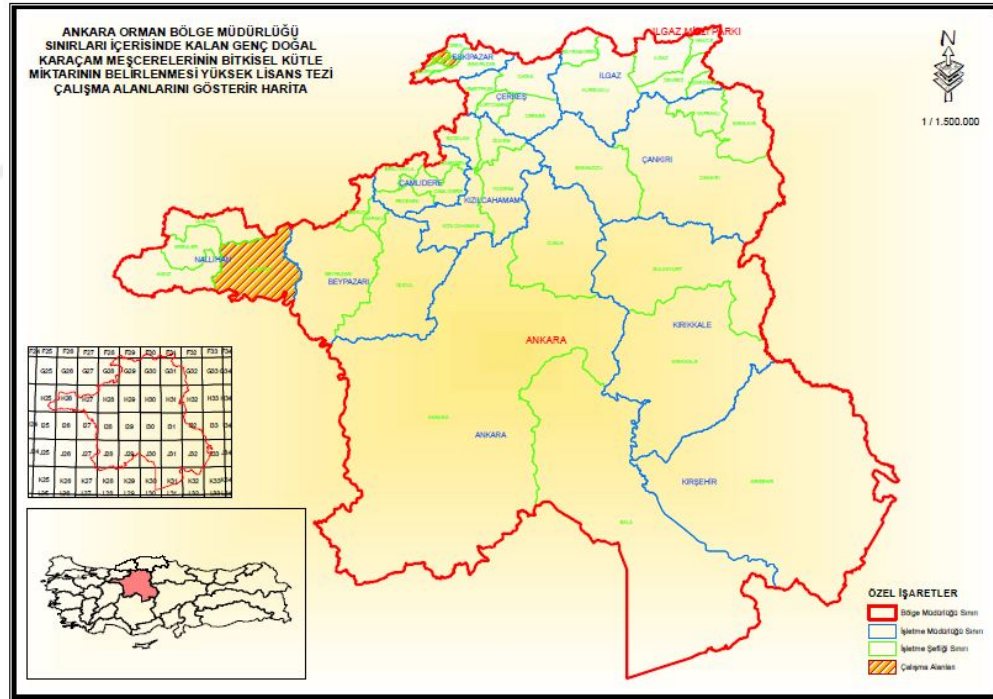
Dağ çayır bölümü olarak adlandırılan kesim İç Anadolu Bölgesi dâhilinde sınırlı sayıda olup, çalışma alanımız olan Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında yüksek dağ

bozkırlarını meydana getirecek alpin ve sub-alpin kuşağın bulunacağı yüksek dağlar bulunmamaktadır (Atalay, 2002).

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Büro Çalışması

Çalışmada Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'ndan alınan Amenajman Planları ile Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan genç doğal karaçam meşcerelerinin nerelerde bulunduğuna dair bilgi edinilerek, Karaçam İşletme Sınıflarına göre ayrılan bölmeler tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Tespit edilen bölmeler doğrultusunda Google Earth yardımıyla mevcut görüntülerine bakılmış, ilgili bölmenin orman işletme şefi ile görüşülerek, bölmelerin durumu için araziye gidilmiştir.



Şekil 3.2: Çalışma alanları.

3.2.2. Arazi Çalışması

Arazi çalışmaları 2015 yılının Ağustos, Eylül ve Ekim aylarını kapsayan 3 aylık süreçte tamamlanmıştır. Örnek alan olarak seçilen genç doğal karaçam fidanlarının alanları

10x10 m genişliklerde çevrilmiş, alana giren bütün fidanların boyları, dip çapları (D_0), varsa 1,3 m yükseklikten çapları ($D_{1,30}$) ölçülmüştür (Şekil 3.3). Tepe tacı boyu (m) ve tepe yarıçapı genişliği (m) örnek alanda bulunan her bir fidan için ölçülerek envanter karnesi doldurulmuştur. Örnek alanlara ait bilgiler Ek Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 3.3: Arazide çevrilen örnek alanlarda çap ve boy ölçümü.

3.2.2.1. Toprak üstü Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada 35 örnek alandan 35 örnek fidan seçilmiştir. Her bir örnek alandan gelişimi düzgün, sağlıklı, meşcereyi ve örnek alanı en iyi temsil eden bireylerden birer örnek alınmıştır. Fidanları toprak yüzeyinden keserek, önce yaş dalları, ibresi varsa kuru dalları ve kozalakları gövdeden ayrılmıştır ve ayıklanmıştır (Şekil 3.4). Gövde boyu ölçülerek varsa 2 m’lik seksiyonlara ayrılmıştır. Kabuklu gövde hacminin hesaplanabilmesi için 2 m uzunluktaki bu bölümlerin alt ve üst kesimlerindeki çaplar da ölçülmüştür (Çömez, 2010). Fidanların yaş dalları, ibreleri varsa kuru dalları ve kozalakları, gövde kesitleri, kök kesitleri ve köklerin yan saçakları arazide hassas tartı ile ölçülerek yaş ağırlıklar kaydedilmiştir. Fırın kurusu ağırlıkları tespit etmek üzere tartılan her bir ağaç bileşeninden homojen olarak alt örnekler alınmıştır. Gövde alt örnekleri ise 2-6 cm kalınlıkta diskler şeklinde alınmıştır. Alt örnekler nemini kaybetmemesi için kese kâğıtlarına konarak, 0,01 g hassasiyetli terazide tartılmıştır.

Böylece bitkisel kütle alt örneklerinin taze haldeki ağırlıkları belirlenmiştir (Çömez, 2010).



Şekil 3.4: Sökülen ağaçların bileşenlerine ayrılma aşaması.

3.2.2.2. Toprak altı Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması

Sökülecek kökün etrafı tırmıkla temizlenerek açılmış, hubzug (caraskal) ya da kazma-kürek yardımıyla fidanların kökleri sökülüştür (Şekil 3.5). Kökler sökülürken etrafındaki kök saçaklarının kopmaması için gerekli hassasiyet gösterilmiştir. Sökülen kökler ve yan köklerden alt örnekler alınarak hassas tartı ile tartılmıştır.



Şekil 3.5: Toprak altı bitkisel kütle için kök sökümü.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Bitkisel kütle alt örnekleri öncelikle araziden alındıkları haliyle tartılmıştır. Belli bir süre bekletilerek hava kurusu haliyle tartılmış daha sonra 65 °C sıcaklıkta ağırlıkları sabitlenene kadar kurutulmuş, kuru halde tekrar tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece nem içerikleri tespit edilmiştir. Alt örneklerde belirlenen nem oranları ile tek ağaç için gövde odunu, kabuk, yaş dal, kuru dal, kozalak, kök ve ibrelerin kuru ağırlıkları hesaplanmıştır.



Şekil 3.6: Laboratuvarda kurutma işlemleri.

3.2.4. Kabuklu Gövde Hacmi ve Ağaç Bileşenleri Bitkisel Kütle Denklemlerinin Geliştirilmesi

Araştırma kapsamında Ankara Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında bulunan toplam 35 örnek alınmıştır. Örnek alanların dip çap, göğüs çapı, boy, tepe yarıçapı ve yaşı ölçülmüş, kabuklu gövde hacmi hesaplanmıştır.

Verilerin çözümlenmesinde kuru olarak hesaplanan ağaç bileşenlerine ilişkin betimsel istatistikler (minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma) hesaplanmıştır. Örnek alanlarda tek ağaç düzeyinde kabuklu gövde hacmini ve ağaç bileşenleri (ibre, yaş dal, kuru dal, toplam dal, kabuk, kabuksuz gövde odunu, kabuklu gövde odunu, toplam topraküstü, kök kütüğü, yan kök, toplam kök, toplam fidan) kütlelerini, en iyi açıklayan değişkenlerin belirlenmesi ve söz konusu değişkenlerin tahmin edilebilmesi amacıyla

kullanılabilecek denklemlerin geliştirilebilmesi için aşağıda verilen 7 model test edilmiştir. Hesaplama öncesinde veri setlerinin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi hesaplanmış ve K-S testi $p>0,05$ den anlamlı ise veri setinin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir.

$$B_i = a + bD_0 \quad (3.1)$$

$$B_i = aD_0^b \quad (3.2)$$

$$B_i = a(D_0^2H)^b \quad (3.3)$$

$$B_i = a(D_0H)^b \quad (3.4)$$

$$B_i = aV^b \quad (3.5)$$

$$B_i = aD_0^2 + bDH^2 + cD_0^2H \quad (3.6)$$

$$B_i = a + b\log D_0 + c\log H \quad (3.7)$$

$$B_i = a + b\log D_0 + c\log H + d(1/D_0) \quad (3.8)$$

Denklemlerde B_i kabuklu gövde hacmi ($m^3/\text{ağaç}$) ya da ağaç bileşenleri kütlesi (ibre, yaş dal, kuru dal, toplam dal, kabuk, kabuksuz gövde odunu, kabuklu gövde odunu, toplam topraküstü, kök kütüğü, yan kök, toplam kök, toplam fidan) ($kg/\text{ağaç}$) D_0 dip çap (cm), H fidan boyu (m), a , b , c ve d denklem katsayılarıdır.

Seçilen bu denklemlerin doğruluğunu denetlemek üzere ortalama hata, ortalama mutlak hata, hataların standart sapması, açıklanan varyans yüzdesi, toplam hata yüzdesi, ortalama mutlak hata yüzdesi hesaplanmıştır. Sonuç olarak kabuklu gövde hacmini ya da ağaç bileşenlerini en iyi tahmin eden model belirlenmiştir. Belirlenen bu modeller tam alan çap boy ölçümü yapılan her bir örnek alandaki ağaçların toplam kabuklu gövde hacmi ve toplam ağaç bileşenleri kütlesi hesaplanmasında kullanılmıştır. Daha sonra örnek alanlardaki toplam kabuklu gövde hacmi ve ağaç bileşenleri kütleleri 1 hektar alandaki hacim ve ağaç bileşenleri kütlelerine dönüştürülmüştür. Bu aşamadan sonra meşcere düzeyinde ağaç bileşenleri kütlelerini tahmin etmek için denklemler geliştirilmiştir. Bu denklemler için 7 farklı model test edilmiştir. Test edilen denklemler

$$B_{hi} = aV^b \quad (3.9)$$

$$B_{hi} = a+bV_h \quad (3.10)$$

$$B_{hi} = a+\ln(V_h)b \quad (3.11)$$

$$B_{hi} = a+b/V_h \quad (3.12)$$

$$B_{hi} = a+bV_h+cV_h^2 \quad (3.13)$$

$$B_{hi} = a+bV_h^h+cV_h^2+dV_h^3 \quad (3.14)$$

$$B_{hi} = ab^{V_h} \quad (3.15)$$

olup, burada B_{hi} 1 hektar alandaki ağaç bileşenleri kütlesi (t/ha), V_h meşcere kabuklu gövde hacmidir (m^3/ha).

Araştırma kapsamında elde edilen bulgular tablolastırılmış ve yorumlanmıştır. Anlamlılık değeri (p) 0,05 olarak alınmıştır. Hesaplamalar SPSS 23,0 (SPSS, Cary, NC, USA) ve MS Excel 2015 programları ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Bitkisel Kütle Katsayılarının Geliştirilmesi

Bir ağacın bitkisel kütlesinin tahmini regresyon denklemleri ile yapılabildiği gibi, çeşitli katsayılar kullanılarak da yapılabilmektedir. Bunun için önce kabuklu gövde odunu hacmini kabuklu gövde odunu kütlesine dönüştürmek, daha sonra da kabuklu gövde odunu kütlesini toprak üstü kütleye genişleten katsayılar kullanılmaktadır (IPCC, 2003). Kabuklu gövde odunu hacminden kabuklu gövde odunu kütlesinin hesaplanmasında gövde odunun hacim ağırlığı kullanılmakta olup, bu

$$HA = B_{klg} / V \quad (3.16)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada HA hacim ağırlığı (t/m^3), B_{klg} kabuklu gövde odunu kütlesi (t), V kabuklu gövde odunu hacmidir (m^3).

Kabuklu gövde odunu kütlesini ağaç bileşenlerinin (ibre, yaş dal, kuru dal, toplam dal, kabuk, kabuksuz gövde odunu, toplam toprak üstü,) kütlesine genişletmekte kullanılan katsayılar Bitkisel Kütle Genişletme Katsayıları denmekte olup, bu katsayılar

$$BEF = B_i / B_{kgl} \quad (3.17)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada BEF bitkisel kütle genişletme faktörü (boyutsuz), B bitkisel kütle (ton), i ağaç bileşenleridir.

IPCC (2003 ve 2006) kılavuzlarına göre kök kütle tahmininde kök/sak oranı (R) kullanılmaktadır. Örnek ağaçların kök/sak oranları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$R = B_{ta} / B_{tu} \quad (3.18)$$

Eşitlikte B_{ta} toprak altı kütle (kök) (t) ve B_{tu} ise toprak üstü (sak) kütledir (t).

IPCC (2006) kılavuzunda bitkisel kütle tahmin etmede kullanılan BEF katsayılarının yerine bu katsayı ile kabuklu gövde odunun çarpılması ile elde edilen Bitkisel Kütle Dönüştürme ve Genişletme Katsayılarının (BCEF) kullanılması önerilmiştir. Çalışmada BCEF katsayıları da aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$BCEF_i = BEF_i \times HA \quad (3.19)$$

4. BULGULAR

4.1. KURU AĞAÇ KÜTLESİNE AİT BULGULAR

4.1.1. TEK AĞAÇ DÜZEYİNDE BULGULAR

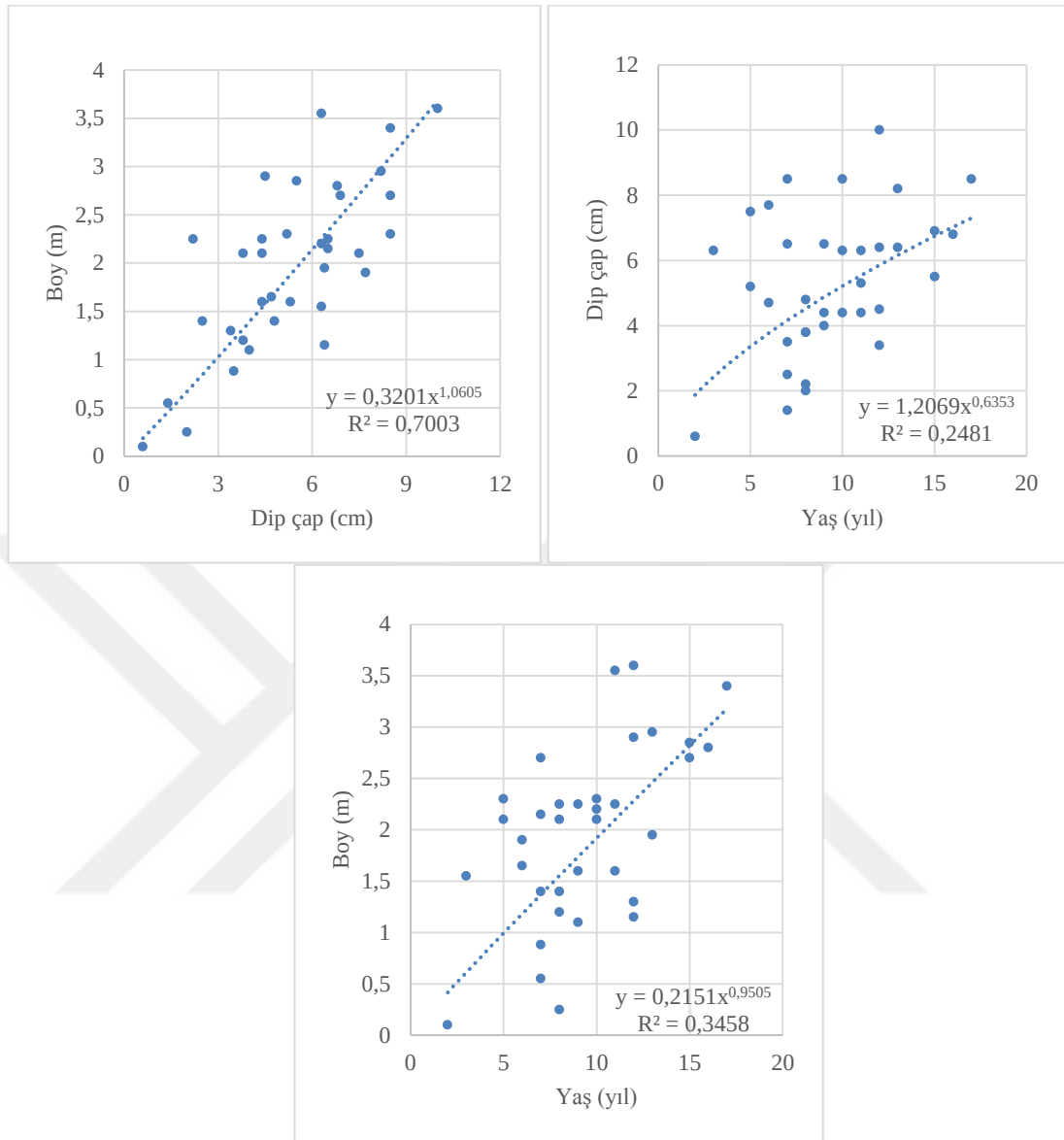
4.1.1.1. Örnek Ağaçların Genel Özellikleri

Bitkisel kütlenin belirlenmesi için toplam 35 örnek alandan 1'er adet ağaç (fidan) kökleriyle birlikte sökülüştür. Örnek alanlardan kesilen her bir ağacın kök boğazı çapları (dip çap) ve varsa göğüs yüksekliğindeki çapları, boyları, tepe yarıçapları ölçülmüştür. Ayrıca seksiyonlara ayrılan gövdelerden ağaçların gövde hacmi değerleri de hesaplanmıştır. 35 örnek ağaca ilişkin bulgular Ek Tablo 1'de verilmiştir. Örnek ağaçların dip çapları 0,6-10 cm, boyları ise 0,10-3,60 cm, yaşları ise 2-17 arasında değişmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Örnek ağaçların bazı özellikleri.

Ağaç özellikleri	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Dip çap (cm)	35	0,60	10,00	±5,363	±2,218
Boy (cm)	35	0,10	3,60	±1,994	±0,825
Tepe yarıçapı (m)	35	0,10	1,05	±0,586	±0,233
Yaş	35	2,00	17,00	±9,400	±3,525
Kabuklu gövde hacmi (m ³)	35	0,000003	0,026	±0,005	±0,005

Örnek ağaçların dip çapları ve boyları arasında yüksek bir ilişki bulunmaktadır. Yaş-boy ve yaş-dip çap arasındaki ilişkiler biraz daha zayıftır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Ağaçların Çap, Boy ve Yaş ilişkileri.

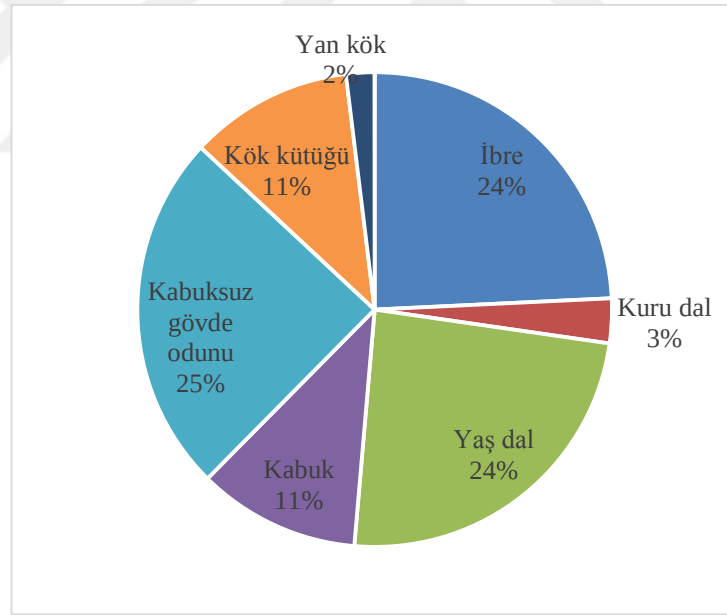
4.1.1.2. Ağaç Bileşenlerinin Kütlesine Ait Bulgular

Örneklenen ağaçların ağaç bileşenlerinin (ibre, canlı dal, kuru dal, kabuk, kabuksuz gövde odunu, yan kök, kök kütüğü) kuru ağırlıklarının tamamı Ek Tablo 1’de gösterilmiştir. Örnek ağaçların bileşenlerinin ortalama ağırlıkları ile maksimum ve minimum değerleri ise Tablo 4.2’de verilmiştir. Ağaçların toprak üstü bileşenlerinin toplam ağırlıkları 0,034 kg/ağaç ile 9,845 kg/ağaç arasında değişmektedir. Toplam toprak altı (kök) kütlesi ağırlıkları ise 0,002 kg/ağaç ile 1,370 kg/ağaç arasındadır (Tablo 4.2). Ağaç bileşenlerinin ortalama ağırlıklarına göre toplam ağırlık içinde en

yüksek payı % 25 ile kabuksuz gövde odunu almaktadır. Yaş dal ve ibre ağırlıklarının payı da % 24 olup, kabuksuz gövdeye oldukça yakındır. Toplam ağaç kütlesi içinde en az paya yan kökler ile kuru dallar sahiptir (Şekil 4.2).

Tablo 4.2: Ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları (kg/ağaç).

Ağaç bileşenleri	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
İbre	35	0,015	2,562	±0,639	±0,474
Kuru dal	27	0,001	0,273	±0,08	±0,07
Yaş dal	35	0,012	2,471	±0,635	±0,492
Toplam dal	35	0,012	2,552	±0,700	±0,524
Kabuk	35	0,002	1,378	±0,291	±0,284
Kabuksuz gövde odunu	35	0,004	3,340	±0,647	±0,668
Kabuklu gövde odunu	35	0,006	4,718	±0,939	±0,949
Toplam toprak üstü kütle	35	0,034	9,845	±2,278	±1,887
Kök kütüğü	35	0,002	1,212	±0,293	±0,257
Yan kök	35	0,001	0,179	±0,051	±0,041
Toplam toprak altı kütle	35	0,002	1,370	±0,345	±0,288
Toplam bitkisel kütle	35	0,035	11,215	±2,623	±2,150



Şekil 4.2: Ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütle içindeki dağılımları.

4.1.1.3. Hacim Denklemlerine Ait Bulgular

Kabuklu gövde odunu hacminin (V) tahmininde kullanılabilecek en uygun denklemin belirlenmesi için ağaçların dip çap ve boylarının ayrı ayrı veya beraber bağımsız değişken olarak kullanıldığı ya da dip çap ve boy değerleri kullanılarak üretilen (D_0H) ile (D_0^2H) parametrelerinin test edildiği denklemler geliştirilmiştir. Bu denklemler

arasından kabuklu gövde odunu hacmini tahmin etmede D_0^2H 'nin bağımsız değişken olduğu üssel denklemin diğer denklemlere göre daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Tablo 4.3). Yaş ile kabuklu gövde hacmi arasındaki ilişkiler daha zayıf olduğu için denklemlerde yaş bağımsız değişken olarak alınmamıştır (Şekil 4.3).

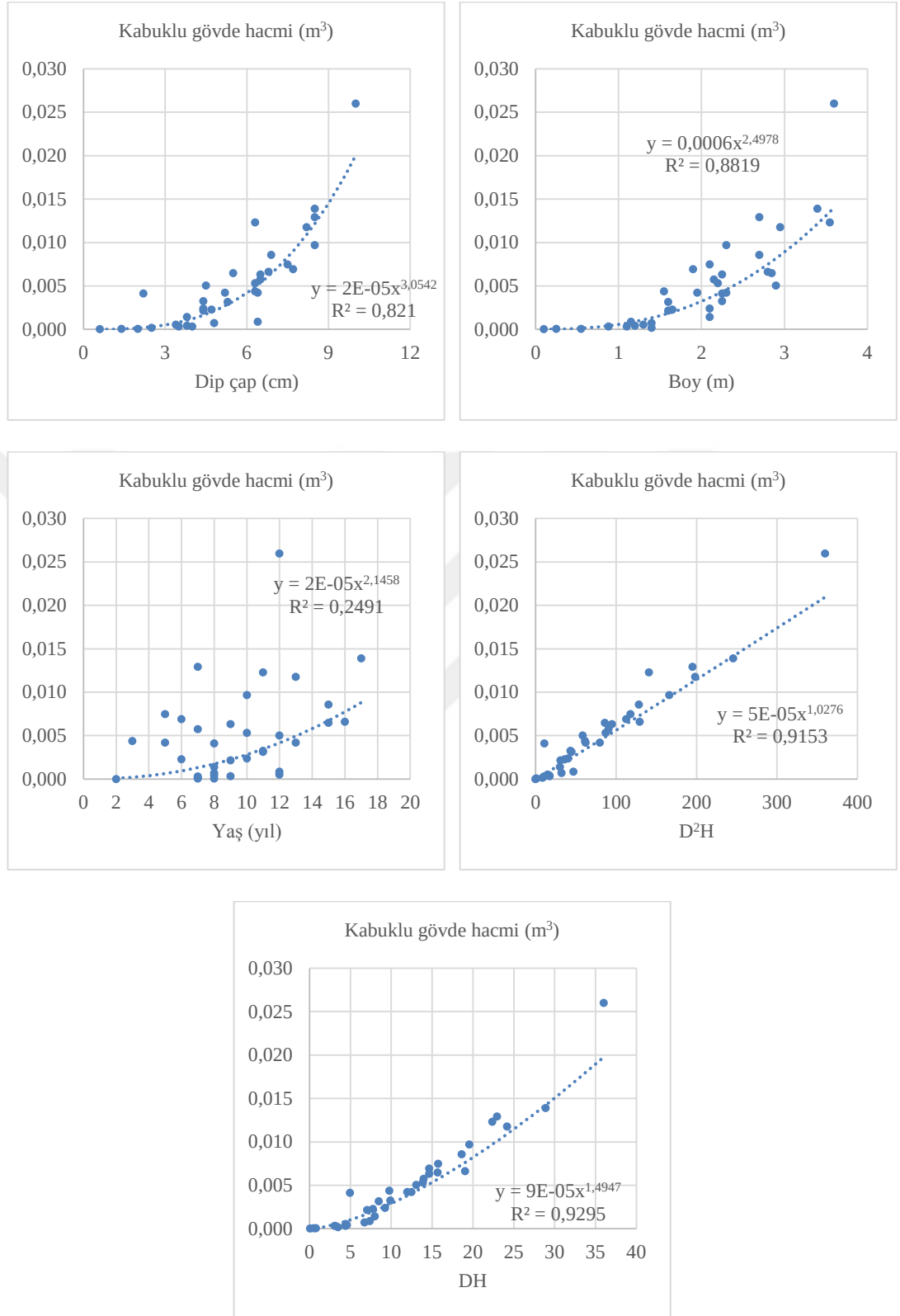
Tablo 4.3: Kabuklu gövde odunu hacminin tahmininde kullanılabilecek denklemler (n=35).

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R^2_{adj}	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kabuklu gövde odunu hacmi (V)	$V = a + bD_0$	-0,0055	0,0020			0,645	0,003	62,838	0,000
	$V = aD_0^b$	0,00002	3,0424			0,815	0,827	150,499	0,000
	$V = a(D_0^2H)^b$	0,00005	1,0235			0,912	0,571	351,315	0,000
	$V = a(D_0 \times H)^b$	0,00010	1,4887			0,926	0,522	427,243	0,000
	$V = aD_0^2 + bDH^2 + cD^2H$	-0,00003	0,00005	0,00006		0,979	0,002	534,591	0,000
	$V = a + b \log D_0 + c \log H$	-3,9536	1,3494	1,5964		0,924	0,230	208,875	0,000
	$V = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-4,6501	1,9698	1,8206	0,8615	0,936	0,210	167,640	0,000

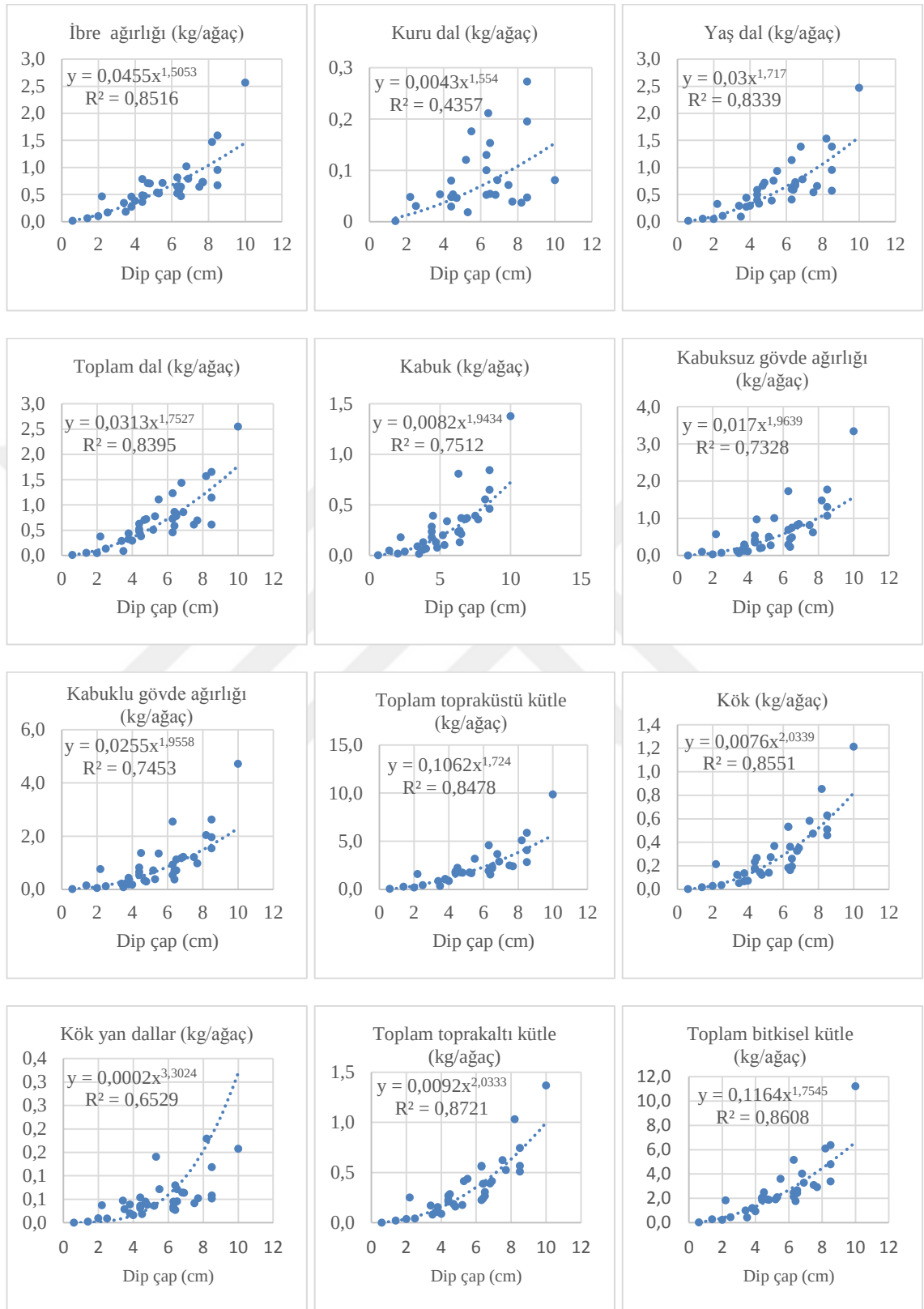
4.1.1.4. Ağaç Kütlesi Denklemleri

Ağaç bileşenlerinin kütlesini tahmin etmede kullanılabilecek denklemlerin geliştirilmesi için de gövde odunu hacmi denklemlerinin geliştirilmesine benzer bir yol izlenmiştir. Bunun için öncelikle arazide doğrudan ölçülen D_0 , H ve yaş değişkenleri ile daha sonra ise dip çap ile boy değerleri kullanılarak hesaplanan kabuklu gövde odunu hacmi, D_0^2H ve D_0H indeksleri ile ağaç bileşenlerinin arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yaş ile ağaç bileşenlerinin kütleleri arasında gövde odunu hacminde olduğu gibi ilişkilerin zayıf olduğu görülmüştür. Kuru dal ile yan kök kütlesi genel olarak bütün değişkenler ile daha zayıf ilişkiler vermiştir. Diğer bağımsız değişkenler ile ağaç bileşenleri kütleleri arasındaki ilişkiler ise oldukça yüksek önem düzeyine sahiptir (Şekil 4.3).

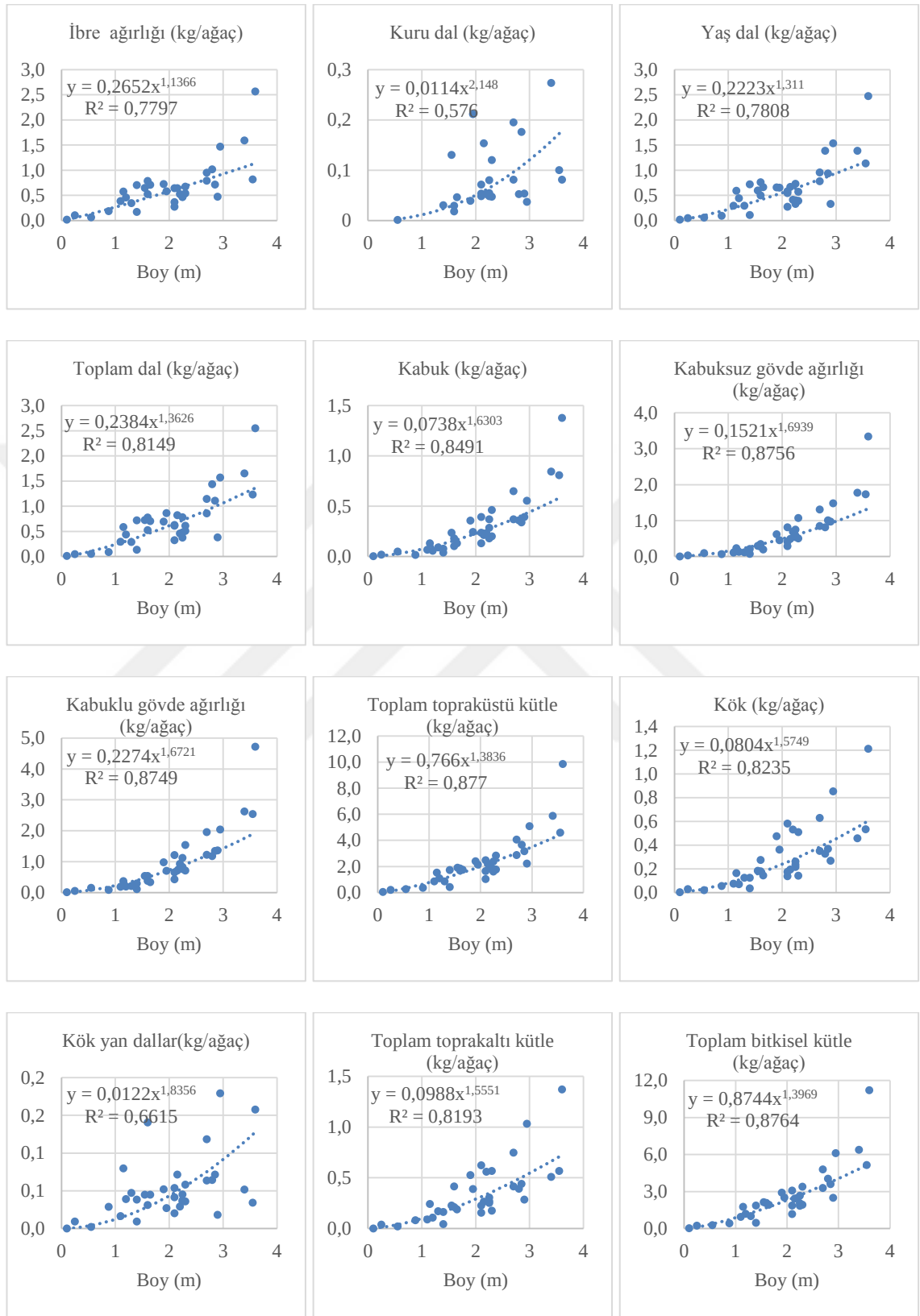
Ağaç bileşenlerinin kütlelerini tahmin etmek için geliştirilen denklemler Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Bu tabloda bileşen kütlelerini en iyi tahmin eden denklemler koyu olarak işaretlenmiştir. Denklemlerde V, D_0H ve D_0^2H indekslerinin kullanıldığı üssel denklemler ile $aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$ modelinin temsil kabiliyetinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4).



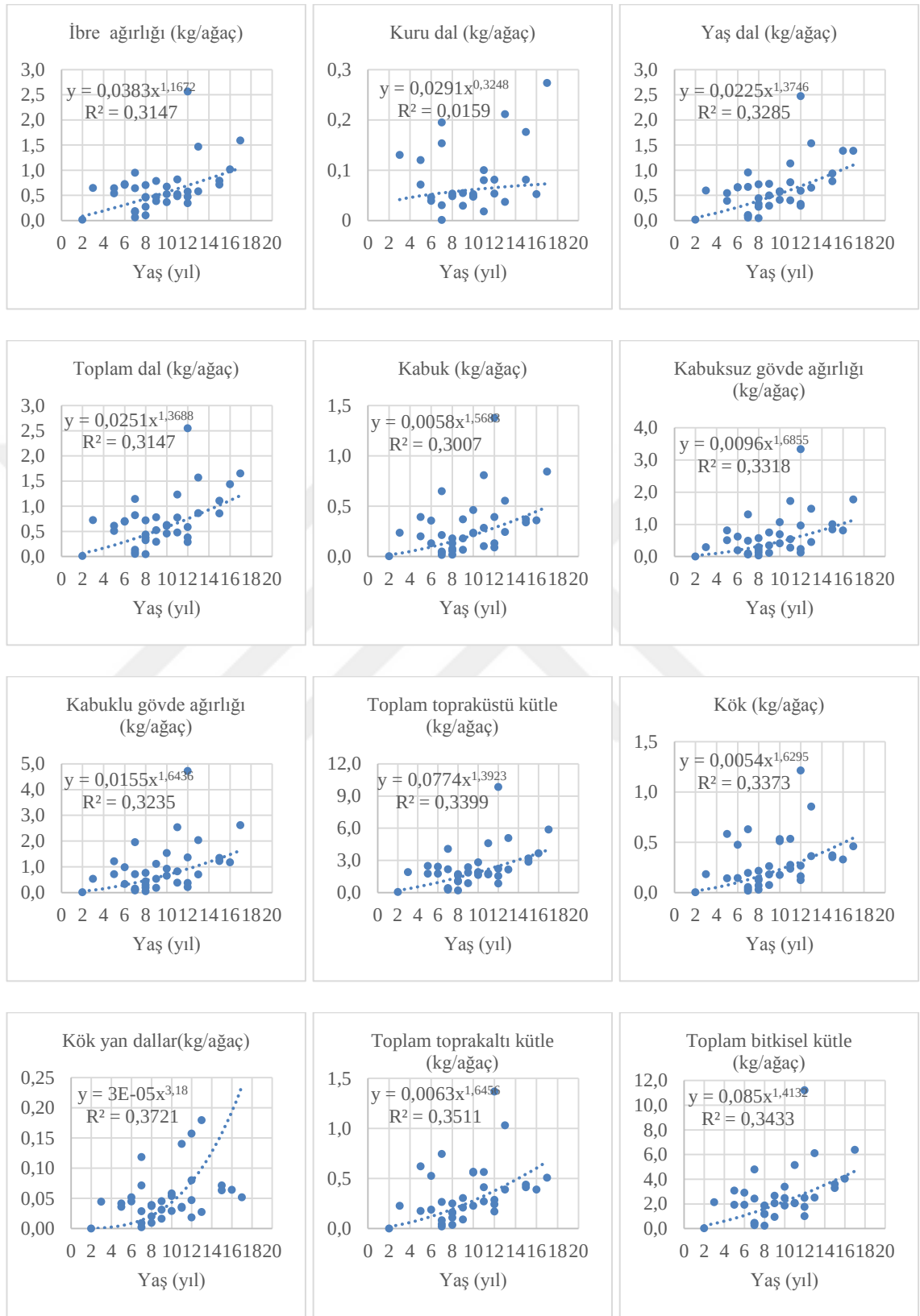
Şekil 4.3: Kabuklu gövde hacmi ile D_0 , H , yaş, D_0^2H ve D_0H indeksleri arasındaki ilişkiler.



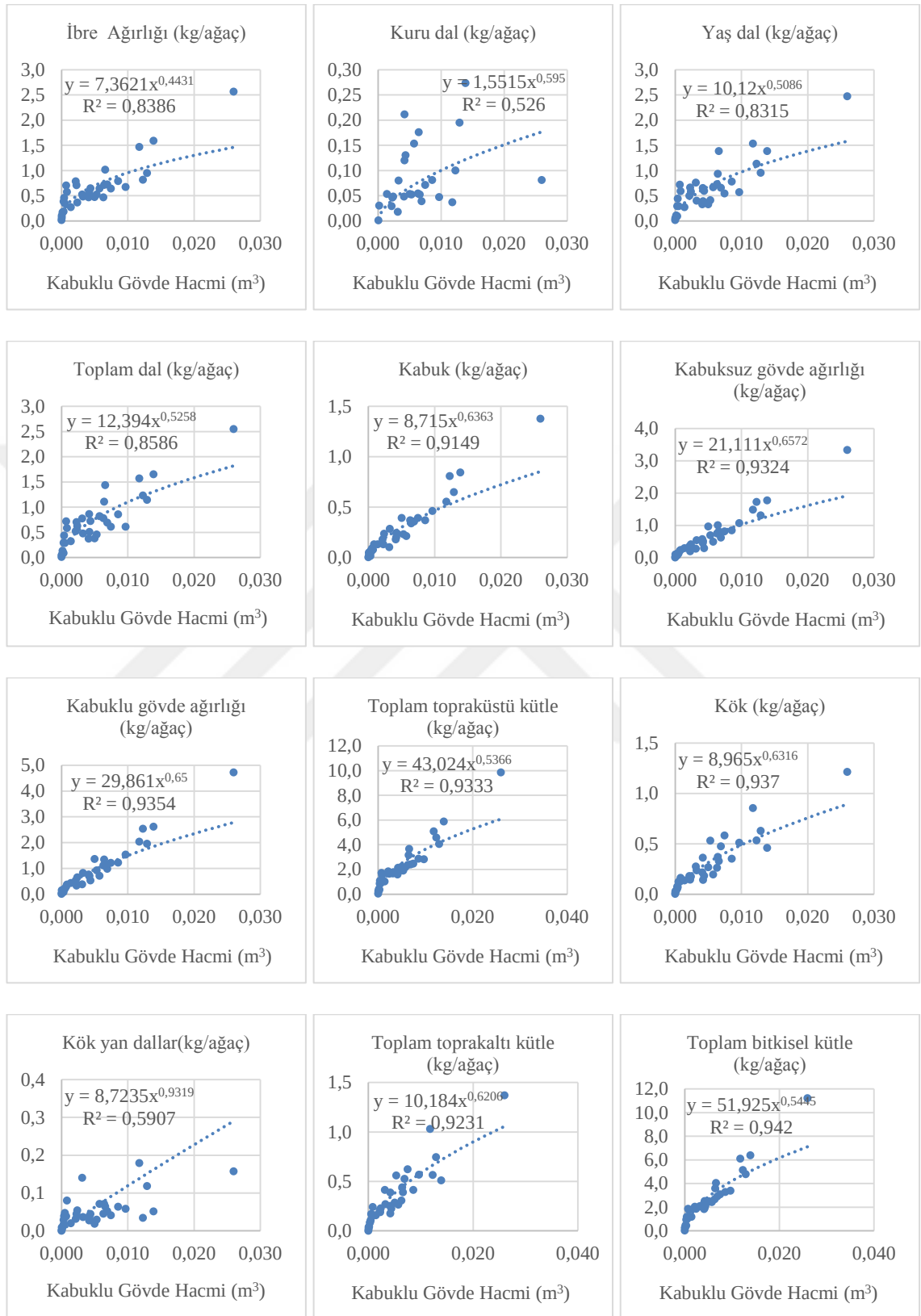
Şekil 4.4: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç dip çapına (D_0) göre değişimi.



Şekil 4.5: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç boyuna (H) göre değişimi.



Şekil 4.6: Ağaç kütlesi bileşenlerinin ağaç yaşına göre değişimi.



Şekil 4.7: Ağaç kütlesi bileşenlerinin kabuklu gövde hacmine (m³) göre değişimi.

Tablo 4.4: Çeşitli ağaç bileşenlerinin tek ağaç düzeyi için geliştirilen hacim (m³/ağaç) ve bitkisel kütle denklemleri (kg/ağaç).

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R ² adj	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kabuksuz Gövde Odunu Kütlesi (B_{kzg})	$B_{kzg} = a + bD_0$	-0,5417	0,2217			0,528	0,458	39,099	0,000
	$B_{kzg} = aD_0^b$	0,0165	1,9814			0,727	0,690	91,59	0,000
	$B_{kzg} = a(D_0^2H)^b$	0,0305	0,6811			0,851	0,510	195,370	0,000
	$B_{kzg} = a(D_0 \times H)^b$	0,0456	0,9998			0,881	0,455	253,624	0,000
	$B_{kzg} = aV^b$	21,9823	0,6644			0,931	0,347	459,005	0,000
	$B_{kzg} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	-0,0035	0,0178	0,0027		0,971	0,155	397,842	0,000
	$B_{kzg} = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,1209	0,5632	1,3372		0,890	0,190	138,274	0,000
	$B_{kzg} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,7461	1,1200	1,5384	0,7731	0,911	0,171	116,567	0,000
Kabuklu Gövde Odunu Kütlesi (B_{klg})	$B_{klg} = a + bD_0$	-0,7771	0,3199			0,546	0,639	41,967	0,000
	$B_{klg} = aD_0^b$	0,0249	1,9700			0,740	0,665	97,534	0,000
	$B_{klg} = a(D_0^2H)^b$	0,0462	0,6747			0,859	0,489	208,255	0,000
	$B_{klg} = a(D_0 \times H)^b$	0,069	0,9888			0,887	0,438	267,317	0,000
	$B_{klg} = aV^b$	30,9023	0,6561			0,934	0,336	479,563	0,000
	$B_{klg} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	-0,0032	0,0256	0,0032		0,974	0,212	442,181	0,000
	$B_{klg} = a + b \log D_0 + c \log H$	-0,9716	0,6134	1,2789		0,892	0,185	142,104	0,000
	$B_{klg} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,5562	1,1340	1,4670	0,7228	0,911	0,168	116,975	0,000
Kabuk Kütlesi (B_k)	$B_k = a + bD_0$	-0,2354	0,0982			0,578	0,184	47,545	0,000
	$B_k = aD_0^b$	0,0082	1,9500			0,745	0,649	100,271	0,000
	$B_k = a(D_0^2H)^b$	0,0154	0,6627			0,851	0,495	195,843	0,000
	$B_k = a(D_0 \times H)^b$	0,0229	0,9681			0,873	0,458	234,800	0,000
	$B_k = aV^b$	8,8995	0,6401			0,912	0,381	353,059	0,000
	$B_k = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0002	0,0077	0,0005		0,971	0,068	391,107	0,000
	$B_k = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,5545	0,7195	1,1602		0,873	0,198	117,981	0,000
	$B_k = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-2,0444	1,1914	1,3307	0,6552	0,888	0,187	90,472	0,000
İbre Kütlesi (B_i)	$B_i = a + bD_0$	-0,2603	0,1676			0,604	0,298	52,935	0,000
	$B_i = aD_0^b$	0,0451	1,5104			0,847	0,365	189,917	0,000
	$B_i = a(D_0^2H)^b$	0,0794	0,4928			0,890	0,310	275,866	0,000
	$B_i = a(D_0 \times H)^b$	0,1098	0,7071			0,879	0,325	248,504	0,000
	$B_i = aV^b$	7,4726	0,4458			0,833	0,383	170,326	0,000
	$B_i = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0103	0,0109	-0,0009		0,921	0,221	137,951	0,000
	$B_i = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,1085	1,0024	0,4789		0,887	0,136	133,804	0,000
	$B_i = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,0727	0,9706	0,4674	-0,0442	0,883	0,138	86,547	0,000
Canlı Dal Kütlesi (B_{cd})	$B_{cd} = a + bD_0$	-0,2989	0,1741			0,603	0,310	52,744	0,000
	$B_{cd} = aD_0^b$	0,0303	1,7123			0,828	0,445	164,648	0,000
	$B_{cd} = a(D_0^2H)^b$	0,0569	0,5610			0,877	0,376	243,159	0,000
	$B_{cd} = a(D_0 \times H)^b$	0,0821	0,8064			0,870	0,387	227,838	0,000
	$B_{cd} = aV^b$	10,1354	0,5089			0,825	0,448	161,675	0,000
	$B_{cd} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0118	0,0167	-0,0035		0,919	0,227	133,328	0,000
	$B_{cd} = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,2272	1,0866	0,5898		0,873	0,165	118,030	0,000
	$B_{cd} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,4528	1,2875	0,6625	0,2789	0,874	0,165	79,543	0,000

Tablo 4.4 (devam):

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R ² adj	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kuru Dal Kütlesi (B_{kd}) (n=27)	$B_{kd} = a + bD_0$	0,0063	0,0132			0,142	0,061	5,293	0,030
	$B_{kd} = aD_0^b$	0,0048	1,4894			0,406	0,785	18,779	0,000
	$B_{kd} = a(D_0^2H)^b$	0,0039	0,6523			0,522	0,728	29,440	0,000
	$B_{kd} = a(D_0 \times H)^b$	0,0043	1,0603			0,565	0,695	34,760	0,000
	$B_{kd} = aV^b$	1,5514	0,5949			0,498	0,740	27,744	0,000
	$B_{kd} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0037	0,0036	-0,0020		0,681	0,060	20,220	0,000
	$B_{kd} = a + b \log D_0 + c \log H$	-2,2069	0,5824	1,6532		0,574	0,298	18,509	0,000
	$B_{kd} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	0,1336	-1,4146	1,2253	-3,5210	0,639	0,275	16,342	0,000
Toplam Dal Kütlesi (B_{td})	$B_{td} = a + bD_0$	-0,3206	0,1902			0,638	0,315	60,891	0,000
	$B_{td} = aD_0^b$	0,0315	1,7481			0,834	0,445	171,505	0,000
	$B_{td} = a(D_0^2H)^b$	0,0592	0,5767			0,896	0,352	293,131	0,000
	$B_{td} = a(D_0H)^b$	0,0858	0,8316			0,894	0,355	288,008	0,000
	$B_{td} = aV^b$	12,4215	0,5262			0,853	0,418	198,879	0,000
	$B_{td} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0144	0,0201	0,005		0,936	0,219	172,336	0,000
	$B_{td} = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,6696	1,2719	0,6847		0,917	0,153	188,279	0,000
	$B_{td} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,4129	1,2452	0,7642	0,3087	0,896	0,152	99,151	0,000
Toprak Üstü Kütlesi (B_{tu})	$B_{tu} = a + bD_0$	-1,3605	0,6785			0,625	1,155	57,677	0,000
	$B_{tu} = aD_0^b$	0,1067	1,7214			0,843	0,424	183,551	0,000
	$B_{tu} = a(D_0^2H)^b$	0,1935	0,5749			0,929	0,285	444,730	0,000
	$B_{tu} = a(D_0H)^b$	0,2774	0,8335			0,937	0,267	510,852	0,000
	$B_{tu} = aV^b$	43,2430	0,5375			0,931	0,281	457,692	0,000
	$B_{tu} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0213	0,0565	-0,0025		0,972	0,490	409,146	0,000
	$B_{tu} = a + b \log D_0 + c \log H$	-0,5681	0,8555	0,8163		0,936	0,117	247,881	0,000
	$B_{tu} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-,8465	1,1035	0,9059	0,3443	0,941	0,112	181,443	0,000
Kök Kütüğü Kütlesi (B_{kk})	$B_{kk} = a + bD_0$	-0,2186	0,0955			0,668	0,148	69,537	0,000
	$B_{kk} = aD_0^b$	0,0081	1,9972			0,849	0,481	191,772	0,000
	$B_{kk} = a(D_0^2H)^b$	0,0167	0,6573			0,907	0,376	333,693	0,000
	$B_{kk} = a(D_0H)^b$	0,0255	0,9468			0,904	0,384	319,647	0,000
	$B_{kk} = aV^b$	8,5519	0,6233			0,936	0,313	496,78	0,000
	$B_{kk} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0039	0,0019	0,0012		0,926	0,105	146,744	0,000
	$B_{kk} = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,7221	1,2030	0,7488		0,905	0,165	163,602	0,000
	$B_{kk} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,9048	1,3657	0,8076	0,2259	0,905	0,165	108,561	0,000
Yan Kök Kütlesi (B_{yk})	$B_{yk} = a + bD_0$	-0,0151	0,0124			0,429	0,031	26,517	0,000
	$B_{yk} = aD_0^b$	0,0002	3,3122			0,645	1,394	62,706	0,000
	$B_{yk} = a(D_0^2H)^b$	0,0005	1,0915			0,692	1,299	77,287	0,000
	$B_{yk} = a(D_0 \times H)^b$	0,0010	1,5734			0,690	1,303	76,593	0,000
	$B_{yk} = aV^b$	0,8301	0,9349			0,577	1,522	47,32	0,000
	$B_{yk} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0016	0,003	0,0001		0,767	0,031	39,387	0,000
	$B_{yk} = a + b \log D_0 + c \log H$	-3,1756	1,9621	1,2729		0,683	0,571	37,651	0,000
	$B_{yk} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	0,4684	-12834	0,1000	-4,5063	0,938	0,253	171,640	0,000
Toprak Altı Kütlesi (B_{ta})	$B_{ta} = a + bD_0$	-0,2336	0,1078			0,680	0,163	73,273	0,000
	$B_{ta} = aD_0^b$	0,0098	1,9981			0,869	0,444	225,562	0,000
	$B_{ta} = a(D_0^2H)^b$	0,0205	0,6544			0,919	0,348	387,779	0,000
	$B_{ta} = a(D_0H)^b$	0,0314	0,9407			0,911	0,364	350,735	0,000
	$B_{ta} = aV^b$	9,7234	0,6124			0,922	0,341	405,671	0,000
	$B_{ta} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0055	0,0022	0,0011		0,927	0,120	149,712	0,000
	$B_{ta} = a + b \log D_0 + c \log H$	-1,6696	1,2719	0,6847		0,917	0,153	188,279	0,000
	$B_{ta} = a + b \log D_0 + c \log H + d(1/D_0)$	-1,6335	1,2397	0,6730	-0,0446	0,914	0,159	121,743	0,000

Tablo 4.4 (devam):

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R ² adj	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Toplam Bitkisel Kütle (B _{tbk})	$B_{tbk} = a + bD_0$	-1,5945	0,7864			0,648	1,276	63,501	0,000
	$B_{tbk} = aD_0^b$	0,1161	1,7559			0,857	0,410	204,310	0,000
	$B_{tbk} = a(D_0^2H)^b$	0,2145	0,5846			0,938	0,269	515,256	0,000
	$B_{tbk} = a(D_0H)^b$	0,3101	0,8465			0,944	0,256	575,365	0,000
	$B_{tbk} = aV^b$	52,5238	0,5466			0,940	0,266	530,316	0,000
	$B_{tbk} = aD_0^2 + bD_0H^2 + cD_0^2H$	0,0268	0,0588	-0,0014		0,973	0,552	423,512	0,000
	$B_{tbk} = a + b\log D_0 + c\log H$	-0,5413	0,9115	0,7961		0,943	0,112	281,037	0,000
	$B_{tbk} = a + b\log D_0 + c\log H + d(1/D_0)$	-0,7803	1,1244	0,8731	0,2956	0,946	0,108	200,518	0,000

* koyu olarak işaretlenen denklemler ilgili ağaç bileşeni kütlelerini en iyi tahmin eden modellerdir.

4.1.1.5. Bitkisel Kütle Katsayıları

Ağaç bileşenlerinin bitkisel kütleleri regresyon denklemleri ile tahmin edilebildiği gibi kabuklu gövde odunu hacmini çeşitli katsayılar ile çarparak da tahmin edilebilmektedir. Bu işlem için önce kabuklu gövde odunu hacminden kabuklu gövde odunu kütlelerini bulmak gerekmektedir ve bunun için hacim ağırlığı olarak adlandırılan birim hacimdeki gövde odunun 65 °C’de kuru ağırlığı kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki doğal karaçam gençliklerinde kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı 0,120-0,883 t/m³ arasında değişmekte olup, ortalama olarak 0,262±0,168 t/m³ bulunmuştur. Kabuklu gövde odunu kütlelerinden toprak üstü kütle tahmin etmede kullanılan BEF_{tüstü} ortalama olarak 3,120±1,247 belirlenmiştir. Kök-sak oranı ise 0,151±0,056’dır. Çalışmada ayrıca diğer ağaç bileşenlerinin de kütlelerini hesaplama da kullanılabilecek BEF katsayıları geliştirilmiştir (Tablo 4.5). Tablo 4.6’ da ise BEF ve kabuklu gövde odunu hacminin çarpımı ile hesaplanan bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları (BCEF) gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Bitkisel kütle genişletme katsayıları (BEF).

	Hacim ağırlığı (t/m ³)	BEF _{fibr}	BEF _{kuruda}	BEF _{yaşda}	BEF _{dal}	BEF _{kabu}	BEF _{kzgövde}	BEF _{tüstü}	Kök/sak (R)
Ortalama	±0,262	±1,080	±0,097	±0,965	±1,040	±0,322	±0,678	±3,120	±0,151
Stan. Sap	±0,168	±0,706	±0,081	±0,599	±0,590	±0,052	±0,052	±1,247	±0,056
Minimum	0,120	0,320	0,009	0,241	0,280	0,202	0,553	1,626	0,049
Maksimum	0,883	2,453	0,303	2,506	2,506	0,447	0,798	5,955	0,294

Tablo 4.6: Bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları (BCEF) (t/m³).

	BCEFibre	BCEFkurudal	BCEFYaşdal	BCEFdal	BCEFkabuk	BCEFkgövde	BCEFtüstü
Ortalama	±0,344	±0,022	±0,282	±0,299	±0,086	±0,176	±0,905
Stan. Sap	±0,417	±0,036	±0,294	±0,298	±0,064	±0,106	±0,856
Minimum	0,066	0,002	0,059	0,063	0,033	0,067	0,291
Maksimum	1,816	0,191	1,041	1,041	0,327	0,556	3,567

4.1.2. Birim Alandaki Bitkisel Kütleye Ait Bulgular

4.1.2.1. Örnek Alanların Genel Özellikleri

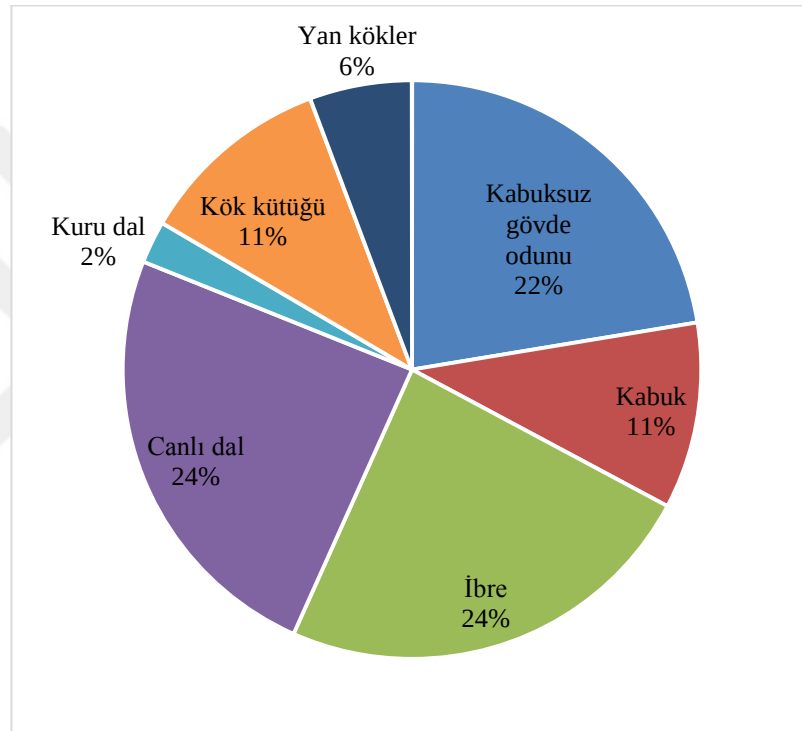
Ankara Orman Bölge Müdürlüğü doğal karaçam gençliklerinde örneklenen 35 alanda hektardaki ağaç sayıları 6.700 ile 41.100 arasında değişmektedir. Bu alanlardaki ortalama olarak hektardaki birey sayısı ise ± 18.894 'tür. Örnek alanların ortalama dip çapları $1,60 \pm 6,48$ cm, ortalama boyları ise $0,76 \pm 80$ m aralığındadır. Bu örnek alanlardan kesilen fidanlar kullanılarak geliştirilen hacim denklemi ile her örnek alan için meşcere hacmi hesaplanmış olup, bu değer $7,57 \text{ m}^3$ ile $75,91 \text{ m}^3$ gibi çok geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Örnek alanların tamamına ait dip çap, boy, hacim miktarları Ek Tablo 2'de verilmiştir.

4.1.2.3. Bitkisel Kütle Miktarlarına Ait Bulgular

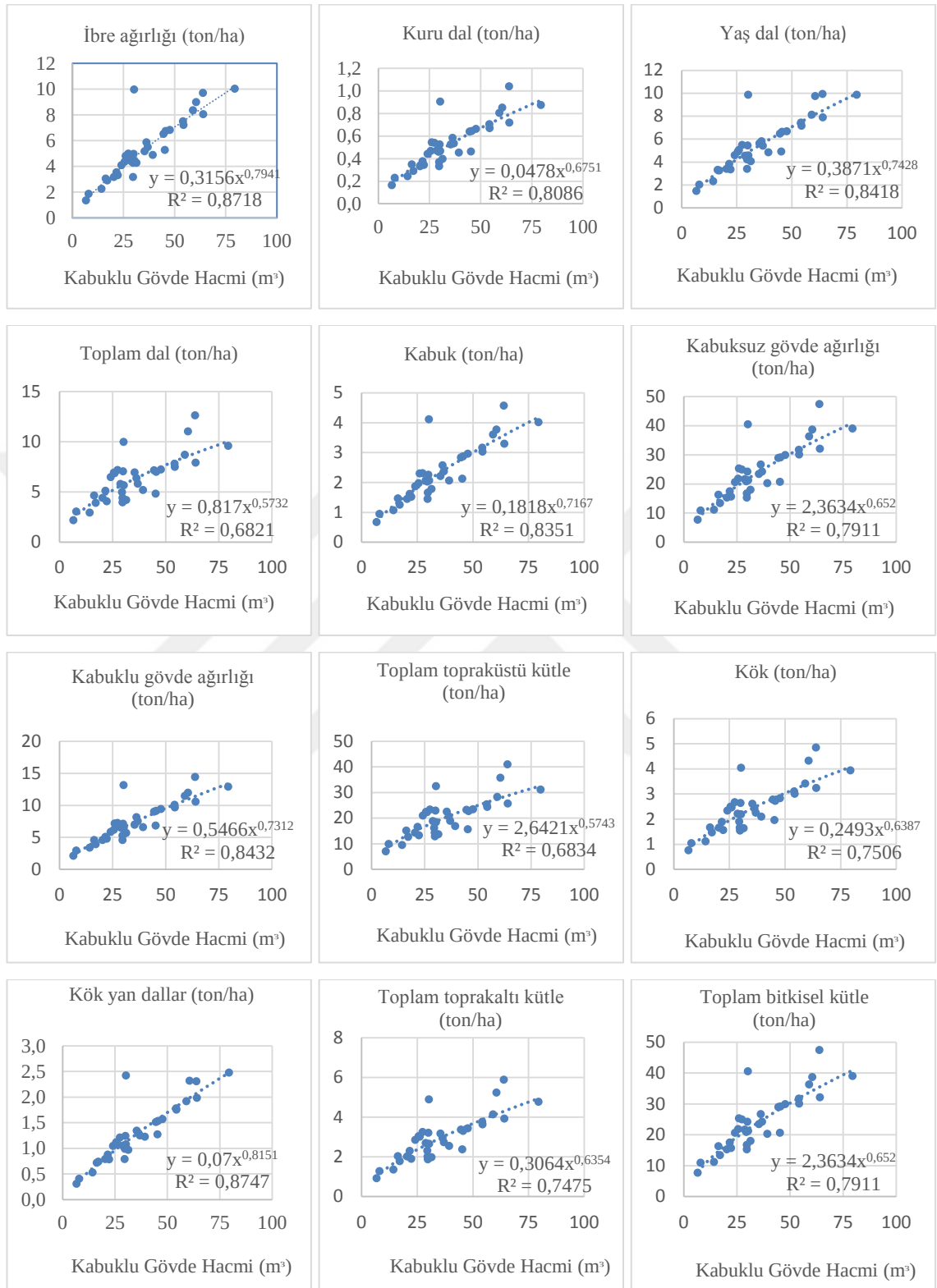
Birim alandaki ağaç kütlelerinin tahmini için ağaç bileşenleri kütlelerini tek ağaç düzeyinde tahmin eden denklemler kullanılmıştır. Her ağaç bileşeni için Tablo 4.4'te verilen en uygun denklem seçilerek örnek alanlarda ölçülen her bir birey için bitkisel kütle miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra örnek alanlardaki bireylerin bileşenlerinin ağırlıkları toplanarak bir hektar alandaki bitkisel kütle miktarları hesaplanmıştır. Ağaç bileşenlerinin ortalama kütleleri Tablo 4.7'de örnek alanlardaki kütleler ise Ek Tablo 2'de gösterilmiştir. 35 örnek alandaki kökler dahil toplam bitkisel kütlenin $6,12 \text{ t/ha}$ ile $42,17 \text{ t/ha}$ arasında değiştiği, ortalama bitkisel kütlenin ise $22,28 \text{ t/ha}$ olduğu belirlenmiştir. Bu toplam kütlenin $18,59 \text{ t/ha}$ 'ı toprak üstü, $3,69 \text{ t/ha}$ 'ı ise toprak altı kütleye aittir. Ağaç bileşenleri içinde canlı dal ve ibre kütlelerinin ağırlıklarının kabuksuz gövde odunundan fazla olması dikkat çekicidir. Kuru dal kütlesi ise en az paya sahiptir (Tablo 4.7, Şekil 4.8).

Tablo 4.7: Ağaç bileşenlerinin birim alandaki ağırlıkları (t/ha).

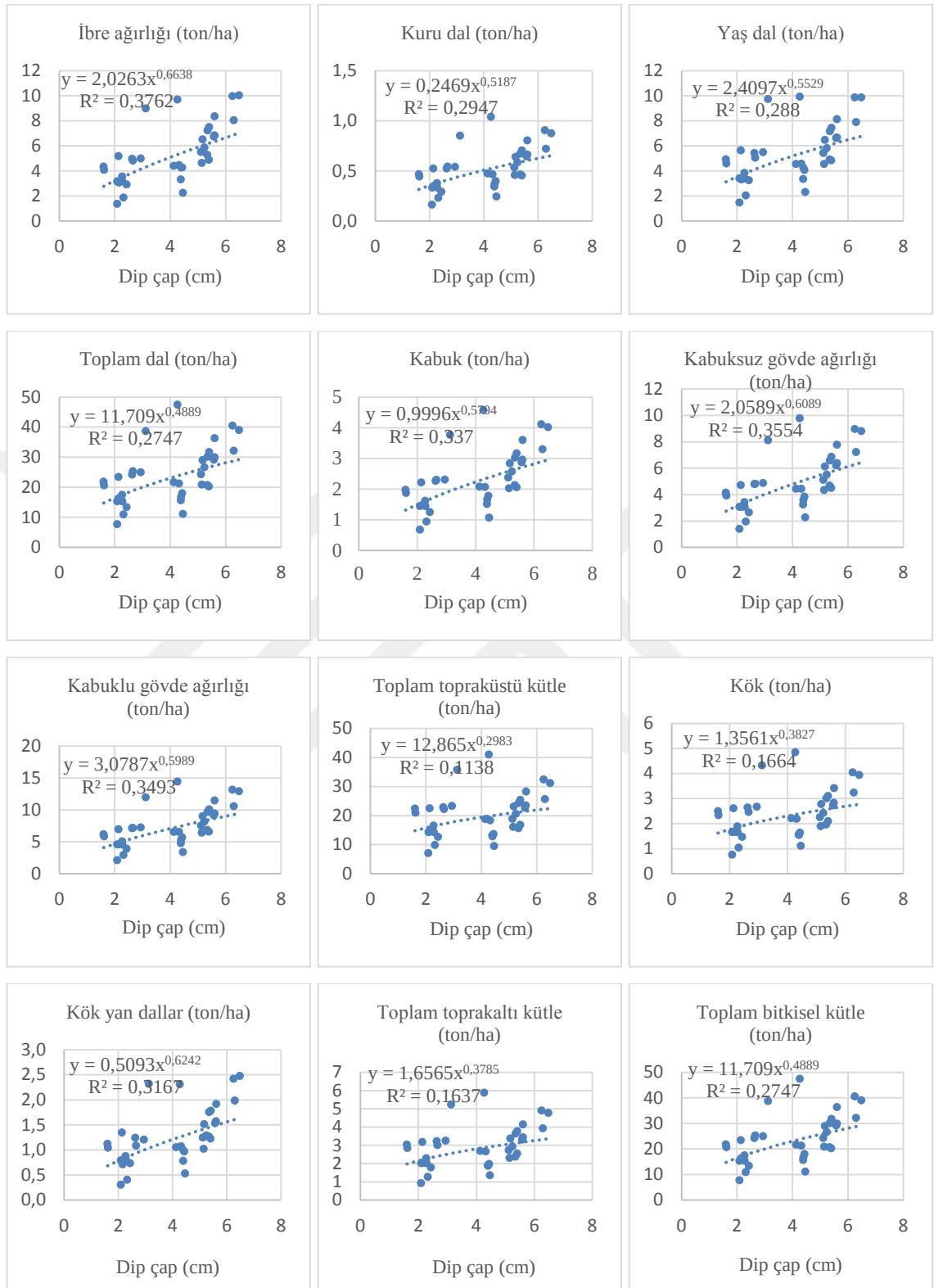
	Kabuksuz gövde odunu kütlesi	Kabuk kütlesi	İbre kütlesi	Canlı dal kütlesi	Kuru dal kütlesi	Toplam toprak üstü kütle	Yan kök kütlesi	Kök kütüğü kütlesi	Toplam toprak altı kütle	Toplam ağaç kütlesi
Ortalama	±4,99	±2,32	±5,33	±5,43	±0,53	±18,59	±1,28	±2,41	±3,69	±22,28
Stan. Sap	±2,06	±0,94	±2,30	±2,25	±0,21	±7,73	±0,56	±0,93	±1,48	±9,20
Minimum	1,40	0,67	1,36	1,47	0,16	5,07	0,31	0,75	1,06	6,12
Maksimum	9,78	4,57	10,02	9,93	1,04	35,02	2,47	4,84	7,15	42,17

**Şekil 4.8:** Birim alanda ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütle içindeki dağılımları.**4.1.2.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Tahmini**

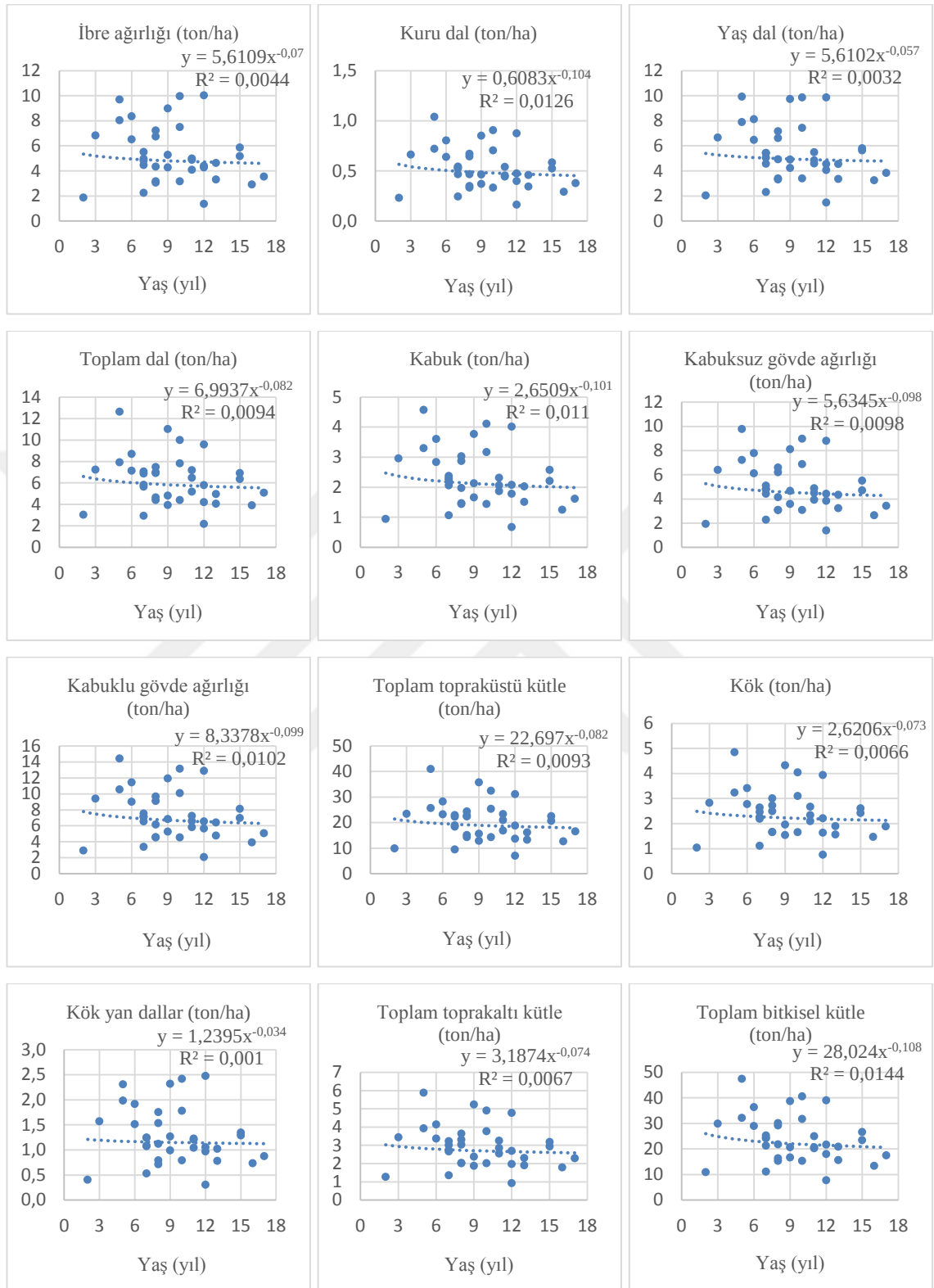
Birim alandaki fidan kütlesini tahmin etmede kullanılabilecek denklemlerin geliştirilmesi için öncelikle dip çap ile boy değerleri kullanılarak hesaplanan kabuklu gövde odunu hacmi, D_0 , H ve yaş ile ağaç bileşenlerinin arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yaş, boy ve dip çap ile ağaç bileşenlerinin kütleleri arasındaki ilişkinin çok zayıf olduğu görülmüştür. Kuru dal ile yan kök kütlesi genel olarak bütün değişkenler ile daha zayıf ilişkiler vermiştir. Kabuklu gövde hacmi ile ibre ağırlığı daha kuvvetli bir ilişki gösterirken, kök yan dallarının da yüksek oluşu dikkat çekicidir (Şekil 4.9-4.12).



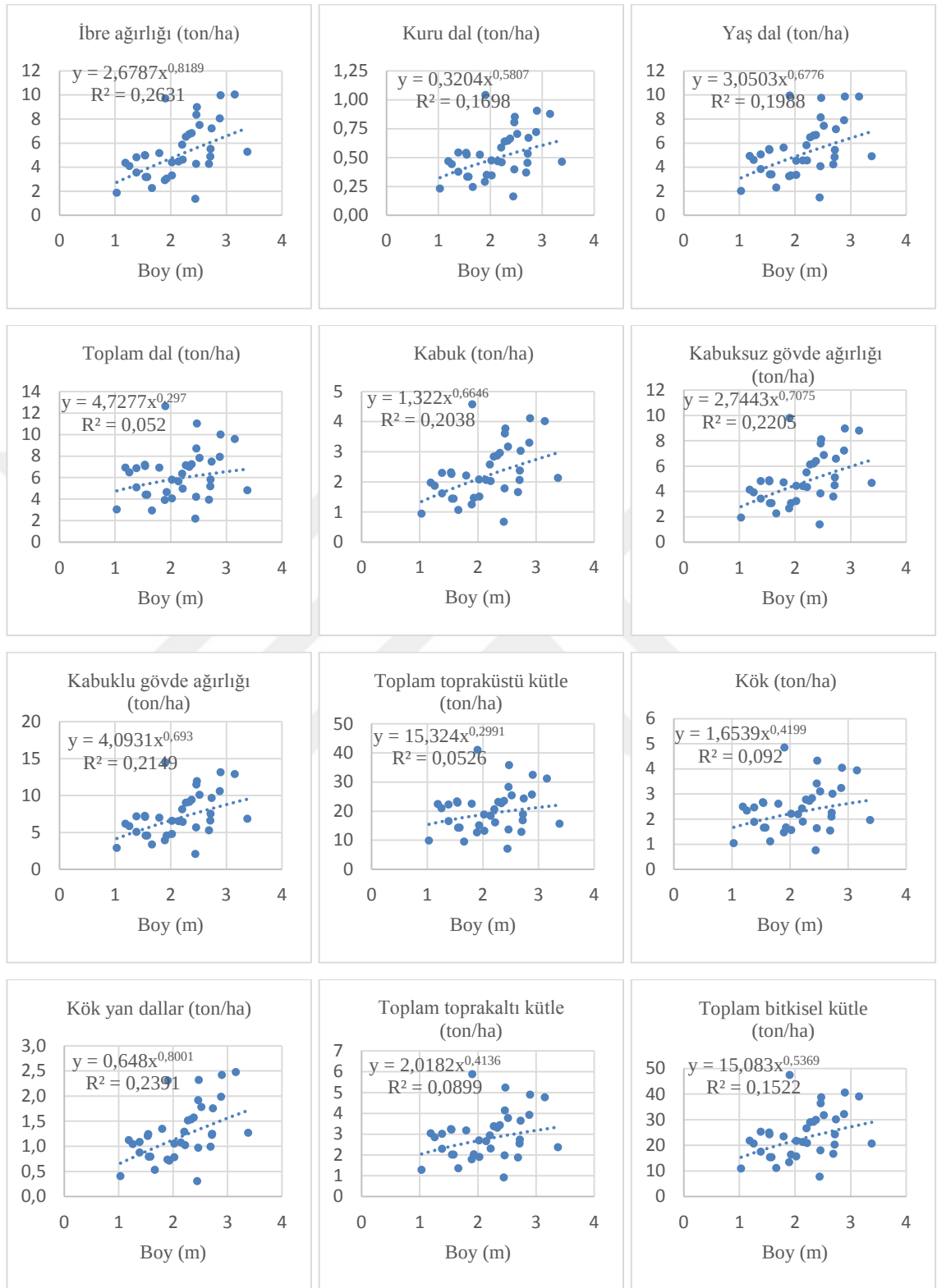
Şekil 4.9: Birim alandaki ağaç kütlesi bileşenlerinin kabuklu gövde hacmine göre değişimi.



Şekil 4.10: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin dip çapa göre değişimi.



Şekil 4.11: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin yaşa göre değişimi.



Şekil 4.12: Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesinin boy ile değişimi.

Birim alandaki ağaç bileşenleri kütlesini kabuklu gövde hacmi yardımıyla tahmin etmek amacıyla ağaç bileşenleri kütlelerinin bağımsız meşcere hacminin bağımlı değişken olarak kullanıldığı çeşitli regresyon modelleri içerisinde en yüksek R^2 ve en düşük standart hata değerlerine sahip, bununla birlikte uygunluk ölçütlerinde en iyi sonuca ulaşılarak geliştirilen denklemler Tablo 4.8’de verilmiştir. Ağaç bileşenleri için en güvenilir denklemler üssel fonksiyon ile elde edilmiştir.

Tablo 4.8: Çeşitli ağaç bileşenlerinin birim alandaki kütlelerini tahminde kullanılabilecek denklemleri (t/ha).

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R^2_{adj}	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kabuklu Gövde Odunu Kütlesi (B_{hkg})	$B_{hkg} = aV^b$	0,5466	0,7312			0,838	0,176	177,446	0,000
	$B_{hkg} = a+bV$	1,8758	0,1551			0,756	1,492	106,624	0,000
	$B_{hkg} = a+\ln(V)b$	-8,5723	4,6359			0,705	1,643	82,180	0,000
	$B_{hkg} = a+b/V$	10,1818	-73,9681			0,468	2,202	30,959	0,000
	$B_{hkg} = a+bV+cV^2$	1,0858	0,2032	-0,0006		0,754	1,500	53,082	0,000
	$B_{hkg} = a+bV+cV^2+dV^3$	0,9911	0,2131	-0,0009	0,000002	0,746	1,524	34,289	0,000
	$B_{hkg} = ab^V$	3,0596	1,0226			0,746	0,221	100,952	0,000
Kabuksuz Gövde Odunu Kütlesi (B_{hkzg})	$B_{hkzg} = aV^b$	0,3610	0,7386			0,842	0,175	182,818	0,000
	$B_{hkzg} = a+bV$	1,2398	0,1062			0,760	1,011	108,776	0,000
	$B_{hkzg} = a+\ln(V)b$	-5,9046	3,1709			0,708	1,116	83,243	0,000
	$B_{hkzg} = a+b/V$	6,9214	-50,5553			0,469	1,503	31,090	0,000
	$B_{hkzg} = a+bV+cV^2$	0,7079	0,1385	-0,0004		0,758	1,016	54,129	0,000
	$B_{hkzg} = a+bV+cV^2+dV^3$	0,6397	0,1457	-0,0006	0,000002	0,750	1,033	34,966	0,000
	$B_{hkzg} = ab^V$	2,0568	1,0228			0,749	0,221	102,654	0,000
Kabuk Kütlesi (B_{hk})	$B_{hk} = aV^b$	0,1818	0,7167			0,830	0,178	167,158	0,000
	$B_{hk} = a+bV$	0,6221	0,0481			0,749	0,472	102,381	0,000
	$B_{hk} = a+\ln(V)b$	-2,6244	1,4397			0,699	0,517	80,011	0,000
	$B_{hk} = a+b/V$	3,2012	-23,0053			0,466	0,689	30,672	0,000
	$B_{hk} = a+bV+cV^2$	0,3693	0,0635	-0,0002		0,746	0,475	51,011	0,000
	$B_{hk} = a+bV+cV^2+dV^3$	0,3426	0,0663	-0,0002	$6,4378E^{-7}$	0,738	0,482	32,950	0,000
	$B_{hg} = ab^V$	0,9832	1,022			0,740	0,220	97,535	0,000
İbre Kütlesi (B_{hi})	$B_{hi} = aV^b$	0,3156	0,7941			0,868	0,170	224,404	0,000
	$B_{hi} = a+bV$	1,0912	0,1199			0,786	1,063	125,620	0,000
	$B_{hi} = a+\ln(V)b$	-6,9518	3,5739			0,728	1,197	91,948	0,000
	$B_{hi} = a+b/V$	7,4976	-56,8018			0,480	1,655	32,394	0,000
	$B_{hi} = a+bV+cV^2$	0,5609	0,1522	-0,0004		0,783	1,069	62,302	0,000
	$B_{hi} = a+bV+cV^2+dV^3$	0,2823	0,1814	-0,0012	0,000007	0,776	1,085	40,370	0,000
	$B_{hi} = ab^V$	2,0553	1,0245			0,766	0,227	112,385	0,000
Canlı Dal Kütlesi (B_{hcd})	$B_{hcd} = aV^b$	0,3871	0,7428			0,837	0,180	175,622	0,000
	$B_{hcd} = a+bV$	1,3691	0,1150			0,753	1,116	104,849	0,000
	$B_{hcd} = a+\ln(V)b$	-6,3790	3,4377			0,702	1,226	81,114	0,000
	$B_{hcd} = a+b/V$	7,5384	-55,1250			0,472	1,633	31,337	0,000
	$B_{hcd} = a+bV+cV^2$	0,8996	0,1436	-0,0004		0,749	1,126	51,694	0,000
	$B_{hcd} = a+bV+cV^2+dV^3$	0,4665	0,1889	-0,0016	0,00001	0,742	1,140	33,638	0,000
	$B_{hcd} = ab^V$	2,2379	1,0228			0,735	0,229	95,470	0,000

Tablo 4.8 (devam):

Ağaç bileşeni	Denklem	a	b	c	d	R ² adj	SEE	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kuru Dal Kütlesi (B _{hkd})	B_{hkd} = aV^b	0,0479	0,6751			0,803	0,184	139,447	0,000
	B _{hkd} = a+bV	0,1613	0,0103			0,723	0,108	89,920	0,000
	B _{hkd} = a+ln(V)b	-0,5397	0,3103			0,681	0,116	73,446	0,000
	B _{hkd} = a+b/V	0,7167	-4,9826			0,458	0,151	29,764	0,000
	B _{hkd} = a+bV+cV ²	0,1008	0,0140	-		0,721	0,109	44,961	0,000
	B _{hkd} = a+bV+cV ² +dV ³	0,0955	0,0146	0,000004	1,271E-7	0,712	0,110	29,041	0,000
	B _{hkd} = ab ^V	0,2345	1,0209			0,716	0,220	86,778	0,000
Toplam Dal Kütlesi (B _{htd})	B_{htd} = aV^b	0,8170	0,5732			0,672	0,219	70,804	0,000
	B _{htd} = a+bV	2,5554	0,1050			0,592	1,471	50,257	0,000
	B _{htd} = a+ln(V)b	-4,663	3,1806			0,567	1,516	45,434	0,000
	B _{htd} = a+b/V	8,2643	-52,3210			0,400	1,783	23,674	0,000
	B _{htd} = a+bV+cV ²	2,0120	0,1381	-0,0004		0,583	1,487	24,765	0,000
	B _{htd} = a+bV+cV ² +dV ³	1,5729	0,1840	-0,0017	0,000011	0,571	1,508	16,03	0,000
	B _{htd} = ab ^V	3,1615	1,0176			0,592	0,244	50,327	0,000
Toprak Üstü Kütlesi (B _{htu})	B_{htu} = aV^b	2,6421	0,5743			0,674	0,219	71,236	0,000
	B _{htu} = a+bV	8,2742	0,3416			0,593	4,773	50,520	0,000
	B _{htu} = a+ln(V)b	-	10,3441			0,568	4,919	45,629	0,000
	B _{htu} = a+b/V	26,8411	-170,1274			0,401	5,791	23,731	0,000
	B _{htu} = a+bV+cV ²	6,5127	0,4488	-0,0013		0,584	4,823	24,893	0,000
	B _{htu} = a+bV+cV ² +dV ³	5,0865	0,5980	-0,0056	0,000034	0,572	4,892	16,166	0,000
	B _{htu} = ab ^V	10,2507	1,0176			0,593	0,244	50,571	0,000
Kök Kütüğü Kütlesi (B _{hkk})	B_{hkk} = aV^b	0,2493	0,6387			0,743	0,206	99,297	0,000
	B _{hkk} = a+Vb	0,8323	0,0448			0,658	0,545	66,489	0,000
	B _{hkk} = a+ln(V)b	-2,2115	1,3461			0,621	0,574	56,752	0,000
	B _{hkk} = a+b/V	3,2509	-21,9179			0,430	0,704	26,644	0,000
	B _{hkk} = a+bV+cV ²	0,6448	0,0562	-0,00014		0,651	0,551	32,649	0,000
	B _{hkk} = a+bV+cV ² +dV ³	0,4658	0,0749	-0,0007	0,000004	0,41	0,559	21,215	0,000
	B _{hkk} = ab ^V	1,1267	1,0196			0,653	0,239	65,036	0,000
Yan Kök Kütlesi (B _{hyk})	B_{hyk} = aV^b	0,0700	0,8151			0,871	0,172	230,415	0,000
	B _{hyk} = a+bV	0,2434	0,0292			0,782	0,262	122,883	0,000
	B _{hyk} = a+ln(V)b	-1,7094	0,8691			0,720	0,297	88,396	0,000
	B _{hyk} = a+b/V	1,8054	-13,8430			0,477	0,406	32,005	0,000
	B _{hyk} = a+bV+cV ²	0,1591	0,0344	-0,00006		0,777	0,265	60,143	0,000
	B _{hyk} = a+bV+cV ² +dV ³	0,0273	0,0482	-0,0005	0,000003	0,772	0,268	39,318	0,000
	B _{hyk} = ab ^V	0,4820	1,0250			0,759	0,236	108,201	0,000
Toprak Altı Kütlesi (B _{hta})	B_{hta} = aV^b	0,3064	0,6354			0,740	0,207	97,683	0,000
	B _{hta} = a+bV	1,0198	0,0541			0,655	0,663	65,628	0,000
	B _{hta} = a+ln(V)b	-2,6600	1,6272			0,619	0,697	56,190	0,000
	B _{hta} = a+b/V	3,9433	-26,5061			0,429	0,854	26,514	0,000
	B _{hta} = a+bV+cV ²	0,7907	0,0680	-0,0002		0,648	0,670	32,232	0,000
	B _{hta} = a+bV+cV ² +dV ³	0,5743	0,0907	-0,0008	0,000005	0,638	0,680	20,943	0,000
	B _{hta} = ab ^V	1,3736	1,0195			0,650	0,239	64,276	0,000
Toplam Bitkisel Kütlesi (B _{htbk})	B_{htbk} = aV^b	2,3634	0,6520			0,785	0,187	124,973	0,000
	B _{htbk} = a+bV	7,8254	0,4558			0,707	4,970	82,975	0,000
	B _{htbk} = a+ln(V)b	-23,1527	13,7031			0,667	5,300	68,974	0,000
	B _{htbk} = a+b/V	32,3544	-220,5435			0,451	6,803	28,902	0,000
	B _{htbk} = a+bV+cV ²	5,1005	0,6217	-0,0020		0,704	4,992	41,466	0,000
	B _{htbk} = a+bV+cV ² +dV ³	4,9010	0,6426	-0,0026	0,000005	0,695	5,072	26,783	0,000
	B _{htbk} = ab ^V	10,9596	1,0202			0,702	0,221	80,932	0,000

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülkemizde bitkisel kütle ile ilgili çalışmalar uzun yıllar boyunca eksik kalmıştır. Bu çalışmaların sayısında ancak son 20 yıl içinde artışlar yaşanmıştır. Hâlbuki bitkisel kütle çalışmaları bir ekosistemin verimliliğinin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Ayrıca son yıllarda orman ekosistemlerinin tutmuş oldukları karbon miktarlarının hesaplanmasında da bitkisel kütle miktarlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ormanlarda canlı bitkisel kütlede depolanan karbon miktarlarının belirlenmesinde bitkisel kütle çalışmalarının sonuçlarından iki şekilde yararlanılmaktadır. Öncelikle birim alandaki bitkisel kütle stok miktarlarının belirlenmesi için tek ağaç düzeyinde bitkisel kütle denklemleri geliştirilmekte ve bu denklemler aracılığıyla birim alandaki bitkisel kütle miktarları tahmin edilmektedir. Bu bitkisel kütle miktarları da ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile çarpılarak birim alandaki karbon stoklarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bitkisel kütle çalışmalarının ormanların karbon stoklarının ve yıllık birikimlerinin hesaplanmasındaki diğer kullanımı ise biraz daha dolaylıdır. Bilindiği üzere orman envanterlerinde daha çok kabuklu gövde odununun hacminin tahminine odaklanılmaktadır. Ancak ormanların karbon stok ve birikimlerinin belirlenmesi için bu kabuklu gövde hacminin toprak üstü kütleyle dönüştürülmesi ve genişletilmesi gerekmektedir. Bu işlemler de kabuklu gövde odunu hacmi ve bitkisel kütle genişletme faktörleri (BEF) ya da bu ikisinin çarpımı ile elde edilen bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları ile yapılmaktadır. Söz konusu katsayılar ise ağaçların kesilerek kabuklu gövde odunu hacmi ve kütlesi ile dal, ibre/yaprak, kozalak gibi gövde haricindeki bileşenlerinin ağırlıklarının tartılması ile hesaplanmaktadır (Tolunay, 2013a). Bu çalışma ile a çağındaki doğal karaçam meşcerelerinde hem tek ağaç ve meşcere düzeyinde regresyon denklemleri hem de bu meşcereler için kabuklu gövde hacminden bitkisel kütleyi tahminde kullanılabilecek bitkisel kütle katsayılarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada öncelikle tek ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmiştir. Bunun için D_0 , H , D_0^2H , D_0H değişkenlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modeller test edilmiştir (Tablo 4.3). Ağaç yaşı ile kabuklu gövde odunu hacmi arasındaki ilişkilerin

R^2 değerleri çok düşük bulunduğundan hacim denklemlerinin geliştirilmesinde yaş kullanılmamıştır. Çömez (2010) tarafından da doğal sarıçam gençliklerinde yaş ile kabuklu gövde odunu hacmi arasındaki ilişkiler zayıf bulunmuş olup, bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Tablo 4.3'te verilen denklemlerin doğruluğunu denetlemek üzere ortalama hata, ortalama mutlak hata, hataların standart sapması, açıklanan varyans yüzdesi, toplam hata yüzdesi, ortalama mutlak hata yüzdesi hesaplanmıştır. Sonuç olarak kabuklu gövde hacminin hesaplanmasında en iyi temsil kabiliyeti olan modelin $a(D_0^2H)^b$ olduğu belirlenmiştir.

Tek ağaç düzeyinde geliştirilen fidan bileşeni kütlelerinin tahmininde D_0 , H , D_0^2H , D_0H ve V 'nin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modeller Tablo 4.4'te verilmiştir. Fidan yaşı ile bileşenlerin kütleleri arasındaki ilişkilerin R^2 değerlerinin yine düşük olduğu belirlenmiştir. Fidan bileşenlerinin ibre, canlı dal, yan köklerinin kütlelerinin tahmininde $aD_0^2+bD_0H^2+cD_0^2H$ modeli, kabuksuz gövde odunu, kabuklu gövde odunu, kabuk, kuru dal kütlelerinin tahmininde ise aV^b modelinin daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Toplam dal, topraküstü, toprakaltı, kök kütüğü kütlelerinde $a(D_0H)^b$ modeli, toplam bitkisel kütle de ise $a(D_0^2H)^b$ modeli en iyi tahmini sağlamıştır. Üssel denklemlerin doğrusal modellerden daha anlamlı sonuçlar verdiği birçok çalışma ile de ortaya konmuştur (Pilli ve Ark., 2006; Muukkonen, 2007; Zianis, 2008; Çömez, 2010; Tolunay, 2012). Dip çapın bağımsız değişken olarak test edildiği denklemlerin önem düzeyi daha düşük bulunurken, dip çap ve boyun değişik şekillerde bağımsız değişken olarak kullanıldığı modellerin tahmin gücü daha yüksektir. Bu durum özellikle ülkemizde yetişme ortamı farklılıklarından dolayı gerek ağaç gerekse fidan boylarının çok fazla değişkenlik göstermesinden ve bu durumun gövde odunu hacmi ve ağaç bileşenleri kütlelerine yansımından kaynaklanmış olmalıdır. Bu nedenle ülkemizde söz konusu denklemlerin geliştirilmesinde çapın (dip çap ya da göğüs yüksekliğindeki çap) tek başına kullanıldığı modeller yerine çap ve boyun kullanıldığı modellerin tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmada birim alandaki ağaç bileşenleri kütlelerini tahmin etmede kullanılabilecek denklemler de geliştirilmiştir (Tablo 4.8). Bu denklemlerde sadece meşcere hacmi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Zira meşcere ortalama dip çapı ve ortalama boyu ile olan ilişkilerin önem düzeyi düşük bulunmuştur (Şekil 4.9 - 4.12). En iyi

sonucu üssel denklemler vermiş olup, doğal sarıçam meşcerelerinde Çömez (2010) ve karaçam ağaçlandırmalarında Güner ve Çömez (2014) tarafından da benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Bitkisel kütle denklemleri yerel niteliktedir ve çalışmanın yapıldığı alanlar ile denklemin üretildiği bağımsız değişkenlerin ölçüm aralıkları arası için geçerlidir. Belirli bir yer için seçilen denklemlerin başka yerlerde kullanılabilmesi için denklemlerin uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde örneğin bitkisel kütle örneklemesinin yapıldığı çap ya da boy aralığının dışına çıkıldığında denklem sonuçları hatalı olabilmektedir (Tolunay, 2012). Dolayısıyla bu çalışma kapsamında geliştirilen denklemlerin çalışma alanı olan Ankara Orman Bölge Müdürlüğündeki 10 cm dip çapına kadar olan doğal Karaçam gençlikleri için geçerli olduğunu belirtmek gereklidir.

Bitkisel kütle katsayıları (BEF ve BCEF) ise bölge ya da ülke düzeyinde elde edilen kabuklu gövde odunu hacminden toprak üstü bitkisel kütleyi tahmin etmekte kullanılmaktadır. Bu katsayıların ülke genelinde kullanılması nedeniyle yetiştirme ortamı ve meşcere özelliklerinden kaynaklanan farklılıkların yaratacağı belirsizliklerin en az düzeye indirilmesi gerekmektedir. Bunun için de ülke genelinde çok sayıda örnekleme yapılması sağlanmalıdır. Bitkisel kütle katsayıları aslında ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütle içindeki dağılım oranları ile ilgilidir. Bu dağılım oranları da ağaç türüne, yaşına, kapalılık gibi meşcere özelliklerine, yetiştirme ortamı özelliklerine ve uygulanan silvikültürel müdahalelere göre değişmektedir (Pardé, 1980). Genç meşcerelerde ibre kütlesi ve dal kütlesi fazla iken, olgun ve tam kapalı meşcerelerde gövde odunu oranı daha baskındır (Brække ve Haland, 1995). Örneğin Helmisaari ve diğ. (2002) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 5, 35 ve 100 yaşındaki Sarıçam meşcerelerinde kök dâhil toplam bitkisel kütledeki ibre dağılım oranları sırasıyla % 9, % 9 ve % 4 olarak bulunmuştur. Buna karşılık meşcere yaşının ilerlemesiyle gövde, dal ve kozalakların toplam oranı genç meşcerelerde % 66 iken, 35 yaşındaki meşcerelerde % 69'a, yaşlı meşcerelerde ise % 83'e çıkmıştır. Buna karşılık kök oranı % 25'ten % 13'e gerilemiştir (Helmisaari ve diğ., 2002). Ülkemizde a çağındaki meşcerelerde gerçekleştirilen ve sunulan bu çalışmaya benzer araştırmalar Çömez (2010) tarafından doğal Sarıçam gençliklerinde ve Güner ve Çömez (2014) tarafından genç Karaçam ağaçlandırmalarında gerçekleştirilmiştir. Her iki çalışmada da meşcere düzeyindeki

ağaç bileşenleri dağılım oranları verilmiştir. Bu nedenle ağaç bileşenlerinin dağılım oranları meşcere düzeyinde karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda fidan bileşenlerinin toplam fidan kütlesindeki oranları ibre için % 24, toplam dal için % 26, kabuklu gövde için % 33, toplam kök için % 17 bulunmuştur. Güner ve Çömez (2014) tarafından yürütülen çalışma kapsamında amenajman planlarında a ve a3 sembolleri ile gösterilen karaçam ağaçlandırmalarındaki bitkisel kütle stokları incelenmiştir. Araştırmacılar a çağındaki karaçam ağaçlandırmalarında ibre, dal, kabuklu gövde odunu ve kök oranlarını sırasıyla % 46, % 7, % 26 ve % 20 olarak bulmuşlardır (Güner ve Çömez, 2014). a3 çağındaki ağaçlandırmalarda ise bu oranlar yine sırasıyla % 43, % 3, % 35 ve % 19 olarak belirlenmiştir (Güner ve Çömez, 2014). Doğal Karaçam gençliklerinde yürütülen bu çalışma ile Güner ve Çömez (2014)'in ağaçlandırmalarda gerçekleştirdikleri çalışmalar karşılaştırıldığında özellikle ibre ve dal dağılım oranları arasındaki farklılıklar dikkat çekmektedir. Genç Karaçam ağaçlandırmalarında ibre oranı daha yüksek dal oranı ise daha düşüktür. Bu durum yetiştirme ortamı farklılıklarından kaynaklanabileceği gibi ağaçlandırmalarda kaliteli gövde üretimine yönelik, fazla dallanma yapmayan gen kaynaklarının kullanılmış olmasından da ortaya çıkabilir. Nitekim Çömez (2010) tarafından a çağındaki doğal Sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada dağılım oranları ibre için % 27, dal için % 14, kabuklu gövde odunu için % 39 ve kök için % 20 bulunmuştur. Bu çalışmadaki dağılım oranları bizim çalışmamızdaki dağılım oranları ile Karaçam ağaçlandırmalarındaki oranlardan daha benzerdir.

Ağaç bitkisel kütlesi, daha öncede açıklandığı üzere regresyon denklemleri kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Ancak kabuklu gövde odunu hacmi değerlerinden yararlanılarak da hesaplanabilmektedir. Bunun için öncelikle tek ağaç ya da meşcere düzeyinde elde edilen kabuklu gövde odunu hacminin kabuklu gövde odunu kütlesine dönüştürülmesi gerekmektedir. Kabuklu gövde odunu kütlesi; bu bileşenin hacminin, hacim ağırlığı ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Çalışmada hacim ağırlığı ortalama olarak $0,262 \text{ t/m}^3$ olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5). Güner ve Çömez (2014) tarafından ise genç karaçam ağaçlandırmalarında kabuklu gövde odunu hacmi $0,450 \text{ t/m}^3$ olarak verilmiştir Türkiye Sera Gazları Ulusal Envanterinde karaçam için hacim ağırlığı 2012 yılına kadar yapılan hesaplamalarda $0,516 \text{ t/m}^3$ olarak kabul edilmiştir (NIR Turkey, 2014). Tolunay (2013), Sera Gazları Ulusal Envanterindeki hacim ağırlıklarının, fırın kurusu ağırlık olarak kullanıldığını belirterek, bu durumun daha yüksek bir hacim

ağırlığı değeri bulunmasına yol açtığını vurgulamıştır. Bunun üzerine 2015 yılından itibaren Sera Gazları Ulusal Envanterinde Karaçam hacim ağırlığı değeri $0,470 \text{ t/m}^3$ kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır (NIR Turkey, 2015). Hem Sera Gazları ulusal Envanter Raporunda hem de Güner ve Çömez (2014) tarafından Karaçam için verilen hacim ağırlığı değerleri bu çalışmada bulunan değerden yüksektir. Bu durumun nedeninin genç karaçam meşcerelerinde gövde odunun henüz tam olarak odunlaşmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kabuklu gövde odunu hacmi hacim ağırlığı ile çarpılıp, kütleye dönüştürüldükten sonra bitkisel kütle genişletme katsayısı (BEF) kullanılarak kabuklu gövde odunundan toprak üstü kütle hesaplanmaktadır. Bu çalışmada bitkisel kütle genişletme katsayıları (BEF) ağaç bileşenleri için geliştirilmiş (Tablo 4.5) ve $BEF_{tüstü}$ 3,120, BEF_{ibre} 1,080, BEF_{dal} 1,040 olarak bulunmuştur. Genç karaçam ağaçlandırmalarında yapılan benzer çalışmada ise aynı katsayılar sırasıyla 4,548, 2,070 ve 1,477 olarak verilmektedir (Güner ve Çömez, 2014). Çömez (2010) ise doğal Sarıçam fidanlarında $BEF_{tüstü}$ 2,456, BEF_{ibre} 0,894 BEF_{dal} 0,561 olarak belirlemiştir. Tolunay (2013) tarafından Çakıl (2008) tarafından yapılan araştırmadan yaşlı Karaçam ağaçları için $BEF_{tüstü}$ 1,071 olarak hesaplanmıştır. Sera gazları Ulusal Envanter Raporunda ağaç türüne özgü BEF katsayıları yerine ibrelili ve yapraklılar için genelleştirilmiş $BEF_{tüstü}$ katsayıları kullanılmaktadır ve Tolunay (2013) tarafından geliştirilen bu katsayılar ibreliler için 1,212 ve yapraklılar 1,310 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere hem Sera Gazları Ulusal Envanter Raporunda verilen $BEF_{tüstü}$, hem de benzer nitelikteki çalışmalarda hesaplanan $BEF_{tüstü}$ katsayıları arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum BEF katsayılarının toprak üstü ağaç bileşenlerinin dağılım oranları ile ilgilidir ve daha önce de değinildiği üzere ibre, dal ve kabuklu gövde odunu dağılım oranları ağaç türüne, yaşına, kapalılık gibi meşcere özelliklerine, yetişme ortamı özelliklerine ve uygulanan silvikültürel müdahalelere göre değişmektedir. Genç meşcerelerde dal ve ibre oranı arttığı için $BEF_{tüstü}$ katsayısı da daha yüksek bulunmaktadır. Nitekim Çömez (2010) tarafından BEF katsayılarının meşcere gelişim çağlarına göre değiştiği belirlenmiştir.

BEF katsayıları IPCC (2003) kılavuzuna göre yapılan hesaplamalarda kullanılırken, bu kılavuz geliştirilerek 2006 yılında yenilenmiştir. Bu kılavuzda BEF katsayısı yerine bu

katsayı ile hacim ağırlığı değerinin çarpılarak elde edilen bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları kavramı getirilmiştir (IPCC, 2006). Bu çalışmada $BCEF_{tüstü}$ ortalama olarak $0,905 \text{ t/m}^3$, $BCEF_{ibre}$ $0,344 \text{ t/m}^3$, $BCEF_{dal}$ $0,299 \text{ t/m}^3$ bulunmuştur (Tablo 4.6). Güner ve Çömez (2014) tarafından genç Karaçam ağaçlandırmalarında bu katsayılar sırasıyla $2,067 \text{ t/m}^3$, $0,954 \text{ t/m}^3$ ve $0,662 \text{ t/m}^3$ olarak verilmiştir. Doğal yaşlı karaçam meşcereleri içinse BCEF katsayıları hem bu çalışmada hem de Güner ve Çömez (2014) tarafından verilen çalışmadan çok daha düşüktür ve $BCEF_{tüstü}$ $0,503 \text{ t/m}^3$, $BCEF_{ibre}$ $0,005 \text{ t/m}^3$, $BCEF_{dal}$ $0,067 \text{ t/m}^3$ olarak verilmektedir (Tolunay, 2013a). Bu durumda yine ağaç bileşenlerinin dağılım oranları ile ilgilidir.

Çalışmada hesaplanan son katsayı ise kök-sak oranıdır. Bu oran IPCC kılavuzlarına göre toprak üstü kütleden kök kütlelerini tahmin etmede kullanılmaktadır (IPCC, 2003 ve 2006). Ülkemizde kök bitkisel kütlelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça azdır. Genç meşcerelerde ise yine Çömez (2010) ve Güner ve Çömez (2014) tarafından çalışılmıştır. Güner ve Çömez (2014) genç karaçam ağaçlandırmalarında kök-sak oranının $0,201$, Çömez (2010) doğal sarıçam gençliklerinde $0,246$ olarak vermektedir. Doğal Karaçam gençliklerinde gerçekleştirilen bu çalışmada ise $0,151$ olarak hesaplanmıştır. IPCC (2006)'da kök sak oranı ılıman bölge ibreli ormanlarında birim alandaki toprak üstü bitkisel kütleinin 50 t/ha 'dan az olması durumunda $0,40$ olarak alınması önerilmektedir ve ülkemizde IPCC tarafından önerilen bu katsayı kullanılmaktadır.

Çalışmamızda doğal Karaçam gençliklerinde birim alanda toprak üstü kütle $18,59 \text{ t/ha}$, toprak altı kütle $3,69 \text{ t/ha}$ olmak üzere toplam bitkisel kütle $22,28 \text{ t/ha}$ olarak belirlenmiştir. Güner ve Çömez (2014) genç karaçam ağaçlandırmalarında toprak üstü kütle için Çka meşcerelerinde $3,369$, Çka3 meşcerelerinde ise $16,576 \text{ t/ha}$ olarak bulmuştur. Aynı meşcerelerde toprak altı kütle ise sırasıyla $0,834 \text{ t/ha}$ ve $3,821 \text{ t/ha}$ olarak verilmektedir ve böylece toplam bitkisel kütleinin $4,104 \text{ t/ha}$ ve $20,398 \text{ t/ha}$ olduğu açıklanmaktadır (Güner ve Çömez, 2014). Doğal Sarıçam gençliklerinde ise birim alanda toprak üstü kütle $12,798 \text{ t/ha}$ ve toprak altı kütle $3,302 \text{ t/ha}$ olmak üzere $16,100 \text{ t/ha}$ bitkisel kütle stoku olduğu hesaplanmıştır (Çömez, 2010). Ülkemizde ibreli türler haricinde a çağındaki meşe gençliklerinde de Makineci ve diğ. (2011) tarafından bir çalışma yürütülmüş olup bu çalışmada toprak üstü bitkisel kütle stoku $24,86 \text{ t/ha}$

olarak verilmektedir. Helmisaari ve diğ. (2002) tarafından Finlandiya’da 15 yaşındaki genç sarıçam ormanlarında yapılan çalışmada toprak üstü kütle 11,15 t/ha, toprak altı kütle ise 3,79 t/ha (toplam 14,94 t/ha) olarak bulunmuştur. Finlandiya’da genç meşcerelerde toprak üstü kütlenin daha düşük olması boreal iklim şartlarından dolayı olmalıdır.

Bitkisel kütle stokları IPCC kılavuzlarında örneğin yangınlarla kaybedilen karbon stoklarının ya da arazi kullanımlarındaki dönüşümlerle kazanılan ya da kaybedilen karbon miktarlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. IPCC (2006) Kılavuzunda Asya-Avrupa’daki 20 yaşından küçük ılıman karasal ormanlarda varsayılan toprak üstü bitkisel kütle 20 t/ha olarak verilmektedir. Çalışmamızda bulunan ortalama toprak üstü kütle değeri bu kılavuzda verilen değere oldukça yakındır. Ülkemiz Sera Gazları Ulusal Envanter Raporunda ise ormanlardaki yıllık karbon emisyon ya da birikimleri stok değişimi yöntemi ile değil kazanç-kayıp yöntemi ile yapılmaktadır. Stok değişimi yönteminde bitkisel kütle stok değerleri kullanılırken, kazanç-kayıp yönteminde bitkisel kütledeki yıllık artım değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu yıllık bitkisel kütle artımı da yıllık hacim artımı değerlerinden hesaplanmaktadır. Ancak a meşcerelerinde ağaç serveti ve yıllık hacim artımı orman amenajmanı sırasında hesaplanmadığından a meşcerelerindeki hacim artımı için çeşitli kabuller yapılmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryasına 2007-2014 yılları arasında gönderilen Sera Gazları Ulusal Envanterlerinde yıllık hacim artımları endüstriyel ağaçlandırma amaçlı genç ibrelili ormanlar için 4,13 m³/ha, yapraklı ormanlar için 1,896 m³/ha, diğer doğal ibrelili genç ormanlar için 1,95 m³/ha ve diğer doğal yapraklı ormanlar içinse 1,24 m³/ha olarak kabul edilmiştir (Karabıyık, 2014). 2015 ve 2016 yılı envanterlerinde ise orman olarak kalan genç orman alanları ve başka arazi kullanımlarından ormana dönüştürülen genç orman alanlarında ibrelilerde 1,95 m³/ha/yıl, yapraklılarda ise 1,24 m³/ha/yıl yıllık hacim artımı olduğu varsayılarak hesaplama yapılmıştır (NIR Turkey, 2016). Ağaçlandırmalar için kabuller a çağındaki ormanlardaki toprak üstü bitkisel kütlenin ibreliler için 25 t/ha, yapraklılar için ise 15 t/ha olduğundan hareketle hesaplanmıştır. Bu toprak üstü bitkisel kütle stok kabulleri kullanılarak, önce 2007-2014 yılları arasındaki sera gazları ulusal envanterinde kullanılan kabuklu gövde odunu hacim ağırlığı ve BEF katsayılarından yararlanılarak birim alandaki ağaç serveti değerleri belirlenmiştir. Sera gazları Ulusal Envanterlerinde

eski hacim ağırlığı değerleri ibreliler $0,496 \text{ t/m}^3$ ve yapraklılar için $0,638 \text{ t/m}^3$ olarak alınmıştır. BEF katsayıları ise sırasıyla 1,22 ve 1,24 olarak kullanılmıştır. Buna göre ibreli ağaçlandırmalarda 25 t/ha toprak üstü bitkisel kütle stoku/ $(0,496 \text{ t/m}^3 \text{ hacim ağırlığı} * 1,22 \text{ BEF}) = 41,31 \text{ m}^3/\text{ha}$, yapraklı ağaçlandırmalarda 15 t/ha toprak üstü bitkisel kütle stoku/ $(0,638 \text{ t/m}^3 \text{ hacim ağırlığı} * 1,24 \text{ BEF}) = 18,96 \text{ m}^3/\text{ha}$ ağaç serveti olduğu belirlenmiştir. Daha sonra bu servetlerin $1/10$ 'u kadar hacim artımı olduğu kabul edilerek genç ibreli ormanlar için $4,13 \text{ m}^3/\text{ha}$, yapraklı ormanlar için $1,896 \text{ m}^3/\text{ha}$ değerlerine ulaşılmıştır. a çağındaki doğal genç ormanlar için ise $1,95 \text{ m}^3/\text{ha/yıl}$ ve $1,24 \text{ m}^3/\text{ha/yıl}$ hacim artımı olduğu varsayılmaktadır. Genç ormanlarda ibreliler için 25 t/ha , yapraklılar için 15 t/ha olarak kabul edilen toprak üstü bitkisel kütle stokları sera gazları ulusal envanterimizde aynı zamanda arazi kullanımlarındaki değişimlerdeki karbon hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bizim çalışmamızda ise doğal Karaçam gençliklerinde hektardaki ağaç serveti $36,90 \text{ m}^3$ ve toprak üstü bitkisel kütle stoku ise $18,59 \text{ t/ha}$ olarak bulunmuş olup, sera gazı ulusal envanter raporlarındaki kabullerden daha düşüktür.

Özetle ülkemizde doğal genç ormanlardaki karbon birikimlerinin hesaplanması bazı kabullere göre ve yaşlı ormanlar için geliştirilen hacim ağırlığı, BEF katsayısı ile IPCC (2006)'de varsayılan değer olarak verilen kök-sak oranı kullanılarak yapılmaktadır. Sunulan bu çalışma ile doğal karaçam gençliklerinde toprak üstü bitkisel kütle stoklarının, kök-sak oranının ve kabuklu gövde odunu hacim ağırlığının sera gazları ulusal envanterindeki değerlerden daha düşük, BEF katsayısının ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle genç meşcerelerdeki çalışmaların arttırılarak karbon hesaplamalarındaki belirsizliklerin azaltılması gerektiği, bunun için de sayıları giderek artan genç meşcelereindeki çalışmaların sonuçlarından yararlanılabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ile ayrıca tek ağaç düzeyindeki hacim ve bitkisel kütle denklemlerinde çap ve boyun birlikte kullanıldığı denklemlerin daha güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle bitkisel kütle miktarlarının belirlenmesinde ve karbon envanterlerinin hassasiyeti açısından çapa bağlı tek girişli hacim ya da bitkisel kütle denklemleri yerine çap ve boyun birlikte kullanıldığı çift girişli denklemlerin kullanılması gerçeğe daha yakın sonuçlar sağlayabilecektir. Ülkemiz ormanlarının verimliliklerinin, karbon stoklarının ve yıllık birikimlerinin daha sağlıklı olarak hesaplanabilmesi için benzer çalışmaların sayısının arttırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Adıyaman Doğan, S., 2010, *Düzce yöresinde yetişen kayın (Fagus orientalis Lipsky.) çap ile biyokütle ve diri-odun ile yaprak yüzey alanı ilişkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akman, Y., 1974, Etude phyto-écologique de la région de Beypazarı-Karaşar et Nallıhan Comm. de la Fac. des Sci. de l'Univ. d'Ank., Série C; 51-113.
- Asan, Ü., 2010, *Ormancılık sektörü mevcut durum değerlendirmesi raporu*, Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi, Ankara.
- Atalay, İ., 2002, *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri*. Orman Bakanlığı Yayınları, İzmir, ISBN: 975-8273-4-8.
- Atmaca, S., 2008, *Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü sarıçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın, Ç., 2010, *Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü sarıçam biyokütle tabloları*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Brække, F.H., Håland, B., 1995, *Above-ground biomass and mineral element distribution in a Scots pine stand of a virgin low-shrub pine bog*, Norwegian Forest Research Institute, 47-7, Norway.
- Cienciala, E., Apltaufer, J., Exnerová, Z., and Tatarinov, F., 2008, Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry, *Journal of Forest Science*, 54 (3), 109-120.
- Çakıl, E., 2008, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü karaçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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 Göknarı'nın (Abies nordmanniana (Stev.) Spach. ssp. bormulleriana (Mattf.) Code Et Cullen) çapa bağlı biyokütle denklemi ile diri-odun yaprak yüzey alanı ilişkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Durkaya, B., 1998, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü meşe meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Durkaya, A., Durkaya, B. and Cakil, E., 2010, Predicting the above-ground biomass of crimean pine (*Pinus nigra*) stands in Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 31(1), 115.
- Durkaya, B., Durkaya, A., Makineci, E. and Karaburk, T., 2013, Estimating above-ground biomass and carbon stock of individual trees in uneven-aged Uludag fir stands, *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(2), 428-434.
- Erkut, S., 2013, *Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin ekosistem bazında karbon depolama kapasitesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eraslan, T., 2009, *Tesadüfi dal örnekleme ve önem örnekleme kullanarak karaçam (Pinus nigra Arnold) ağaç türü için toprak üstü biyokütle tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EUFORGEN, 2009, *Distribution of black pine (Pinus nigra)*. <http://www.euforgen.org/species/pinus-nigra/> [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- FAO, 2015. *Global forest resources assessment 2015*, Desk Reference.
- Güner, T. ve Çömez, A., 2014, *Karaçam (Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi*, ESK-10(6303)/2011-2014 nolu Orman Genel Müdürlüğü Projesi.
- Helmisaari, H-S., Makkonen, K., Kellomaki, S., Valtonen, E., Malkönen, E., 2002, Below-and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in Eastern Finland, *Forest Ecology and Management*, 165, 317-326.
- IPCC, 2003, Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. (Eds.: J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner.). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents .html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html), [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- IPCC, 2007, *Climate change 2007 : synthesis report*, https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains3.html#3-1, [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].

- İkinci, O., 2000, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü kestane meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Janzen, H.H., 2004, Carbon cycling in earth systems-soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:399-417.
- Karabıyık, S.B., 2014, *Türkiye ormanlarında bitkisel kütledeki karbon stoku: farklı hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karabürk, T., 2011, *Bartın ili göknar meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khosravi, S., Namiranian, M., Ghazanfari, H. and Shirvani, A., 2012, Crown biomass relationships of Lebanon oak in northern Zagros forests of Iran, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33 (2), 239-247.
- Lal, R., 2004, Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123(1), 1-22.
- Lim, A.B., 2012, *Torosların iç kısmında kermes meşesi ağırlıklı makilik alanların toprak üstü biyokütle ve karbon depolama kapasitesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Macaroğlu, K., 2011, *Bartın yöresi karışık meşcerelerin biyokütle ve karbon depolama kapasitelerinin irdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Özdemir, E., Kumbaşı, M., Sevgi, O., Keten, A., Beşkardeş, V., Zengin, H., Yılmaz, H. ve Çalışkan, S., 2011, *Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi*, TÜBİTAK tarafından desteklenmiş 107O750 nolu proje.
- Mikšys, V., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, I., Armolaitis, K., Kukkola, M. and Wójcik, J., 2007, Above-ground biomass functions for Scots pine in Lithuania, *Biomass and Bioenergy*, 31(10), 685-692.
- Muukkonen, P., 2007, Generalized allometric volume biomass equations for some tree species in Europa, *European Journal of Forest Research*, 126, 157-166.
- Næsset, E., 2004, Estimation of above-and below-ground biomass in boreal forest ecosystems. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36 (8), 145-148.
- NIR Turkey, 2014, National Greenhouse Gas Inventory Report of the Turkey 1990-2012. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php ([Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].

- NIR Turkey, 2015, National Greenhouse Gas Inventory Report of the Turkey 1990-2013. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- NIR Turkey, 2016, National Greenhouse Gas Inventory Report of the Turkey 1990-2012. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- NOAA/ESRL, 2010. Dr. Pieter Tans and Dr. Ralph Keeling Scripps Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/), NOAA/ESRL www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends) [Ziyaret Tarihi: 01 Mart 2017].
- Orhan, İ., 2013, *Kızılçam, karaçam ve sarıçam'ın ticari ve ticari olmayan bileşenlerinin biyokütle miktarlarının belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- OGM, 2009, *Ormanlarımızda yayılış gösteren asli ağaç türlerimiz*, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- OGM, 2015, *Türkiye orman varlığı*, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Özkaya, S., 2004, *Artvin-Genya dağı yöresi doğu ladini (Picea orientalis (L.) Link.) ormanlarında toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pardé, J., 1980, Forest biomass, *Forestry Abstracts*, 41 (8), 343-362.
- Pilli, R., Anfodillo, T. and Carrer, M., 2006, Towards a functional and simplifies allometry for estimating forest biomass, *Forest Ecology and Management*, 237, 583-593.
- Sabancı, A., 2016, *Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'nün maki alanlarının biyokütle depolama kapasitesinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Santa Regina, I., 2000, Biomass estimation and nutrient pools in four Quercus pyrenaica in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain, *Forest Ecology and management*, 132(2), 127-141.
- Saraçoğlu, N., 1988, *Kızılağaç (Alnus glutinosa Gaertn. subsp. barbata (CA Mey) Yalt.) gövde hacim ve biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sun, O., Uğurlu, S., ve Özer, E., 1980, Kızılçam (P. brutia Ten.) türüne ait biyolojik kütlelerin saptanması, *Teknik Bülten Serisi*, No: 104.
- Şatıroğlu, S., 2015, *Malatya-Arapgir yöresi meşe baltalıklarının toprak üstü biyokütlesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Tolunay, D., Çömez, A., 2008, Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu 2008*. 22-25 Ekim 2008, Hatay. 750-765.
- Tolunay, D., 2011, Total Carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35, 265-279.
- Tolunay, D., 2012, Bolu-Aladağ'daki genç sarıçam meşcereleri için oluşturulan bitkisel kütle denklemleri ve katsayıları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)*, 62(2), 97-111.
- Tolunay, D., 2013a, *Ormanlar ve İklim Değişikliği*, Portakal Baskı A.Ş., İstanbul.
- Tolunay, D., 2013b, Türkiye'de artım ve ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplamasında kullanılabilecek katsayılar, *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu*, Antalya, 26-28 Kasım 2013, 240-251.
- Uğurlu, S., Araslı, B. ve Sun, O., 1976, Stepe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlenin saptanması, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi*, No: 80.
- Uslu, S., 1959, İç anadolu stebinin antropojen karakterleri üzerine araştırmalar, *Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, 302/15.
- 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.
- Ülküdür, M., 2010, *Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sedir meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünsal, A., 2007, *Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisali Orman İşletme Müdürlüğü kızılçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yağcı, V., 2010, *Hopa Cankurtaran mevkiindeki sık ve seyrek yetiştirilen ve ilk aralama çağına gelen doğu kayını meşcerelerinin biyokütle özelliklerinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yaltırık, F. ve Efe, A., 1994, *Dendroloji: gymnospermae-angiospermae*, İstanbul Üniversitesi, Üniversite Yayın No: 3836, Fakülte Yayın No:431, ISBN 975-404-363-9.
- Yılmaz, S., 2015, *Antalya yöresi aynı yaşlı ve saf kızılçam meşcerelerinde toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zianis, D., 2008, Predicting mean aboveground forest biomass and its associated variance, *Forest Ecology and Management*, 256 (6), 1400-1407.



EKLER

EK 1. Tek Ağaçlara Ait Kuru Kütle Ağırlıkları.

Örne k Ağaç No	Kesildiği örnek alan	Meşçere tipi	Dip Çap (cm)	göğüs yüksekliği ndeki Çap (cm)	Boy (m)	Tepe yarı çapı (m)	Yaş	Kuru haldeki ağırlıklar (kg/ağaç)										Kök Yan Dallar(kg ağaç)	Toplam Toprakaltı Kütle (kg/ağaç)	Toplam bitkisel kütle (kg/ağaç)	
								İfre ağırlığı (kg/ağaç)	Kuru dal (kg/ağaç)	Yaş dal (kg/ağaç)	Toplam dal (kg/ağaç)	kabuk (kg/ağaç)	kabuksuz gövde ağırlığı (kg/ağaç)	kabuklu gövde ağırlığı (kg/ağaç)	koalak ağırlığı (kg/ağaç)	Toplam topraküstü kütle (kg/ağaç)	Kök (kg/ağaç)				
1	Nallıhan	Çka	5,3	1,1	1,6	0,50	11	0,0031370	0,521	0,018	0,756	0,774	0,103	0,273	0,377		1,671	0,273	0,140	0,414	2,085
2	Nallıhan	Çka3	3,5	0	0,88	0,35	7	0,0003068	0,181	0,000	0,090	0,090	0,016	0,063	0,079		0,350	0,053	0,029	0,082	0,432
3	Nallıhan	Çka	8,2	4,1	2,95	0,70	13	0,0117580	1,466	0,037	1,532	1,569	0,553	1,482	2,036		5,071	0,852	0,179	1,031	6,102
4	Nallıhan	Çka	5,2	2,3	2,3	0,55	5	0,0042049	0,535	0,120	0,388	0,507	0,201	0,504	0,705		1,747	0,141	0,036	0,177	1,924
5	Nallıhan	Çka3	8,5	4,3	2,7	0,80	7	0,0129116	0,949	0,195	0,951	1,146	0,648	1,307	1,955		4,050	0,628	0,118	0,747	4,796
6	Nallıhan	Çka	3,4	0	1,3	0,35	12	0,0005244	0,342	0,000	0,290	0,290	0,090	0,120	0,210		0,842	0,123	0,047	0,171	1,012
7	Nallıhan	Çka	6,3	2,2	1,55	0,70	3	0,0043610	0,646	0,130	0,596	0,726	0,237	0,293	0,530		1,901	0,182	0,045	0,226	2,127
8	Nallıhan	Çka	6,5	2,7	2,15	0,70	7	0,0057303	0,639	0,153	0,667	0,819	0,213	0,493	0,706		2,164	0,194	0,072	0,266	2,430
9	Nallıhan	Çka	6,4	2	1,95	0,75	13	0,0041999	0,578	0,211	0,650	0,861	0,245	0,451	0,696		2,135	0,361	0,027	0,388	2,523
10	Nallıhan	Çka	7,7	2,2	1,9	0,90	6	0,0069016	0,723	0,039	0,654	0,693	0,357	0,619	0,976		2,391	0,474	0,052	0,526	2,918
11	Nallıhan	Çka	6,9	3,9	2,7	0,95	15	0,0085617	0,790	0,081	0,779	0,860	0,369	0,846	1,216		2,865	0,351	0,064	0,414	3,280
12	Nallıhan	Çka	4,7	1,8	1,65	0,60	6	0,0022727	0,707	0,046	0,660	0,706	0,132	0,197	0,329		1,742	0,143	0,045	0,188	1,930
13	Nallıhan	Çka3	10,0	7,0	3,6	1,05	12	0,0259727	2,562	0,081	2,471	2,552	1,378	3,340	4,718	0,013	9,845	1,212	0,158	1,370	11,215
14	Nallıhan	Çka	4,8	0	1,4	0,55	8	0,0006997	0,703	0,000	0,719	0,719	0,078	0,209	0,287		1,709	0,123	0,039	0,162	1,871
15	Nallıhan	Çka	6,3	2,6	2,2	0,90	10	0,0053134	0,523	0,052	0,407	0,459	0,231	0,692	0,923		1,905	0,531	0,029	0,560	2,465
16	Nallıhan	Çka	3,8	0	1,2	0,50	8	0,0004204	0,457	0,000	0,438	0,438	0,058	0,128	0,186		1,081	0,069	0,039	0,108	1,189
17	Nallıhan	Çka	8,5	3,3	2,3	0,95	10	0,0096709	0,668	0,047	0,567	0,614	0,463	1,071	1,533		2,816	0,509	0,058	0,567	3,383
18	Nallıhan	Çka	7,5	3	2,1	0,75	5	0,0074635	0,642	0,071	0,541	0,612	0,394	0,815	1,208		2,462	0,581	0,041	0,623	3,085
19	Nallıhan	Çka	6,5	3,2	2,25	0,60	9	0,0063115	0,466	0,054	0,726	0,780	0,369	0,745	1,115		2,360	0,260	0,045	0,306	2,666
20	Nallıhan	Çka	6,4	0	1,15	0,55	12	0,0008495	0,572	0,000	0,586	0,586	0,132	0,234	0,366		1,524	0,162	0,080	0,242	1,766
21	Nallıhan	Çka	4,0	0,0	1,1	0,60	9	0,0003276	0,383	0,000	0,292	0,292	0,067	0,110	0,177		0,852	0,073	0,016	0,090	0,942
22	Eskipazar	Çka	2,2	2,8	2,25	0,40	8	0,0041146	0,464	0,048	0,325	0,374	0,181	0,574	0,755		1,592	0,214	0,037	0,251	1,843
23	Eskipazar	Çka	1,4	0	0,55	0,15	7	0,0000540	0,061	0,001	0,053	0,054	0,048	0,096	0,144		0,259	0,018	0,002	0,020	0,279
24	Eskipazar	Çka	6,3	5,1	3,55	0,40	11	0,0122872	0,812	0,100	1,133	1,233	0,808	1,729	2,538		4,583	0,532	0,034	0,566	5,148
25	Eskipazar	Çka	4,5	3	2,9	0,55	12	0,0050160	0,472	0,053	0,328	0,381	0,394	0,968	1,362		2,215	0,267	0,018	0,285	2,500
26	Eskipazar	Çka	5,5	3	2,85	0,70	15	0,0064596	0,710	0,176	0,933	1,109	0,338	1,005	1,343		3,162	0,367	0,072	0,439	3,601
27	Eskipazar	Çka	4,4	1,6	2,1	0,50	10	0,0023743	0,362	0,048	0,581	0,629	0,236	0,413	0,650		1,641	0,174	0,054	0,228	1,868
28	Eskipazar	Çka	4,4	1,6	2,25	0,55	11	0,0032418	0,480	0,080	0,397	0,478	0,284	0,537	0,821		1,779	0,234	0,036	0,270	2,049
29	Eskipazar	Çka	3,8	1,2	2,1	0,45	8	0,0014048	0,271	0,053	0,273	0,325	0,132	0,292	0,424		1,020	0,136	0,020	0,156	1,177
30	Eskipazar	Çka	8,5	5	3,4	0,40	17	0,0138864	1,590	0,273	1,381	1,654	0,845	1,773	2,618	0,010	5,873	0,457	0,052	0,509	6,382
31	Eskipazar	Çka	6,8	2,7	2,8	0,95	16	0,0065993	1,017	0,052	1,383	1,435	0,360	0,814	1,175	0,022	3,648	0,327	0,064	0,391	4,039
32	Eskipazar	Çka	4,4	0,8	1,6	0,50	9	0,0021447	0,782	0,029	0,498	0,526	0,181	0,348	0,529		1,838	0,179	0,031	0,210	2,048
33	Eskipazar	Çka	2,5	0	1,4	0,30	7	0,0001590	0,166	0,030	0,106	0,137	0,039	0,071	0,110		0,413	0,034	0,009	0,043	0,456
34	Eskipazar	Çka	2,0	0,0	0,3	0,80	8	0,0000545	0,099	0,000	0,047	0,047	0,018	0,030	0,048		0,195	0,029	0,009	0,038	0,232
35	Eskipazar	Çka	0,6	0	0,1	0,30	2	0,0000028	0,015	0,000	0,012	0,012	0,002	0,004	0,006		0,034	0,002	0,000	0,002	0,035

EK 2. Örnek Alanlara Ait Meşcere Özellikleri.

Örnek alan No	Meşcere tipi	Yükseklik (m)	Bakı	Enlem	Boylam	Ort. Dip Çap D ₀ (cm)	Ort. Göğüs çapı D _{1,30} (m)	Ort. Boy H (m)	Ort. Tepe yarıçapı (m)	Hektardaki ağaç sayısı	Hektardaki ağaç serveti (m ³ /ha)
1	Çka	977	B	312922	401637	5,4	2,7	1,77	0,55	8400	19,3769
2	Çka	949	GD	312929	401647	4,5	1,7	1,48	0,49	6700	10,8560
3	Çka3	904	KB	313028	401727	4,4	2,0	1,40	0,48	9600	15,1041
4	Çka	1357	G	313120	401502	4,3	1,9	1,52	0,49	28700	46,8675
5	Çka3	1360	K	313117	401509	4,3	2,1	1,54	0,56	12400	21,0091
6	Çka	1361	GB	313035	401514	4,1	2,0	1,48	0,48	13800	21,4944
7	Çka	1373	GD	313214	401513	5,6	2,4	1,40	0,51	14100	26,8820
8	Çka	1357	G	313212	401509	5,1	2,7	1,21	0,47	13400	21,6285
9	Çka	1352	G	313152	401508	5,1	2,2	1,17	0,45	11900	18,4280
10	Çka	1335	GD	313234	401524	5,6	2,5	1,36	0,55	17200	32,40
11	Çka	1328	B	313309	401439	5,2	2,2	1,19	0,50	15100	23,5670
12	Çka	1343	GD	313309	401439	5,2	2,3	1,35	0,53	15200	26,5375
13	Çka3	1056	GB	313320	401331	6,5	3,2	1,80	0,58	13400	35,8903
14	Çka	1369	GD	313309	401533	5,6	2,3	1,35	0,50	14100	25,9654
15	Çka	990	GB	311648	401446	5,4	2,5	1,47	0,54	14800	29,1369
16	Çka	916	D	311705	401449	5,3	2,7	1,51	0,52	13700	27,9629
17	Çka	1134	KB	310418	401700	6,2	2,9	1,74	0,60	15100	37,3329
18	Çka	1104	K	313603	401343	6,3	2,9	1,77	0,62	11400	29,6083
19	Çka	1105	GD	313604	401342	4,4	2,7	1,02	0,37	11100	14,6766
20	Çka	1067	B	313625	401352	4,4	2,5	0,98	0,44	11900	15,5965
21	Çka	1079	GB	313628	401350	5,3	3,4	1,24	0,47	9600	18,0149
22	Çka	1095	KD	322754	405758	1,6	1,2	1,05	0,27	41100	25,4573
23	Çka	1106	G	322746	405752	2,7	1,4	0,89	0,31	33800	25,2531
24	Çka	1086	G	322758	405802	1,6	1,2	1,02	0,26	38600	23,8097
25	Çka	1119	GB	322804	405759	2,1	2,4	0,76	0,28	14600	7,9394
26	Çka	1253	GB	322815	405742	2,1	1,8	1,06	0,32	31200	25,6439
27	Çka	990	G	323020	405729	2,1	1,6	1,02	0,29	29400	16,3327
28	Çka	1052	K	323009	405747	2,9	1,5	1,25	0,35	25100	26,5420
29	Çka	1115	G	322925	405730	2,28	1,59	1,08	0,30	18800	16,3327
30	Çka	1104	B	322903	405726	2,0	1,0	0,92	0,28	23400	18,8227
31	Çka	1271	G	322652	405712	2,4	1,9	1,08	0,32	16300	14,4675
32	Çka	1270	GD	322705	405714	2,8	2,4	1,20	0,32	35300	41,0134
33	Çka	1259	K	322723	405653	2,6	1,5	1,16	0,33	27000	26,0980
34	Çka	1271	GB	322709	405650	2,2	1,9	0,92	0,30	25900	17,0949
35	Çka	1199	G	322804	405652	2,3	1,0	0,77	0,25	19400	11,1306

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Seda SARANAY
Doğum Yeri	Ankara
Doğum Tarihi	17.12.1985
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	sedasaranay@ogm.gov.tr
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2009

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Amenajmanı Programı
Mezuniyet Tarihi	2017