

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

“Saf Karaçam ve Karaçam Kızılçam Karışık Meşcerelerinde Ekosistem Bazında Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi: Gediz Orman İşletme Müdürlüğü Örneği” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma 118O311 numaralı TÜBİTAK projesinin bir parçasıdır.

Bu çalışmanın ortaya çıkışında hocalarımlın, ailemin ve arkadaşlarımlın büyük desteğini gördüm. Öncelikle, lisans ve lisansüstü eğitimimde yol gösterici tutumuyla bana çok şey katan, emeğini ve desteğini benden esirgemeyen, beni yüreklendiren ve motive eden, tezimin ilk aşamasından son aşamasına kadar çalışmalarımı destekleyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet MISIR’a teşekkür etmek istiyorum. Değerli bilgileri ve engin tecrübesiyle tezime yaptığı katkılarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Nuray MISIR’a teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında desteklerini esirgemeyen İşletme Müdür Yardımcısı Serdar AKSU’ya, İşletme Şefleri Tuğba KÖKEN ve Mehmet KÖKEN’e teşekkür ederim. Çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Döndü DEMİREL’e çok teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında katkıda bulunan Orman Mühendisi Aytaç SERT ve Arş. Gör. Abdullah YILDIZ’a teşekkür ederim. Öğrenmeye ve öğretmeye olan aşkıyla her zaman örnek aldığım, fikirleriyle ufkumu ve yolumu aydınlatan babam Mehmet Ali ÖZTÜRK’e teşekkür ederim. Benim için her şeye katlanan, hayatımın her anında desteğini benden esirgemeyen annem Hüsniye ÖZTÜRK’e teşekkür ederim. Her zaman olduğu gibi bu çalışmamda da beni destekleyen, varlığını her koşulda bana hissettiren canım kardeşim Ahmet ÖZTÜRK’e çok teşekkür ederim.

Gizem ÖZTÜRK

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Saf Karaçam ve Karaçam Kızılçam Karışık Meşcerelerinde Ekosistem Bazında Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi: Gediz Orman İşletme Müdürlüğü Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mehmet MISIR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/03/2022

Gizem ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Uluslararası Süreçler.....	8
1.2.1. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC).....	9
1.2.2. Rio Zirvesi	10
1.2.3. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	11
1.2.4. Kyoto Protokolü	11
1.2.5. Paris İklim Anlaşması.....	13
1.2.6. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi Yaklaşımları.....	15
1.3. Çalışmanın Amacı	18
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1. Materyal	20
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	20
2.2. Yöntem	25
2.2.1. Toprak Üstü Biyokütlede Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	27

2.2.1.1.	Canlı Ağaç Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	28
2.2.1.1.1.	Gövde Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	30
2.2.1.1.2.	Kabuk Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	31
2.2.1.1.3.	Dal Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	31
2.2.1.1.4.	İbre Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	32
2.2.1.2.	Diri Örtü Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	35
2.2.1.3.	Ölü Örtü Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	36
2.2.1.4.	Ölü Odun Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	37
2.2.2.	Toprak Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	37
2.2.3.	Toprak Altı Bitoküttelede Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem	38
3.	BULGULAR.....	41
3.1.	Örnek Alanlara İlişkin Bulgular	41
3.2.	Örnek Ağaçlara İlişkin Bulgular.....	42
3.3.	Karbon Modellerine İlişkin Bulgular.....	45
3.3.1.	Saf Karaçam Meşcerelerine İlişkin Bulgular.....	45
3.3.1.1.	Ağaç Bileşenine İlişkin Bulgular.....	45
3.3.1.2.	Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular	47
3.3.1.3.	Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular	47
3.3.1.4.	Ölü Odun Bileşenine İlişkin Bulgular	47
3.3.1.5.	Toprak Bileşenine İlişkin Bulgular.....	49
3.3.1.6.	Kök Bileşenine İlişkin Bulgular	51
3.3.2.	Karaçam-Kızılçam Karışık Meşcerelerine İlişkin Bulgular	54

3.3.2.1.	Ağaç Bileşenine İlişkin Bulgular.....	54
3.3.2.1.1.	Karaçam Ağaç Türü İçin Bulgular	54
3.3.2.1.2.	Kızılçam Ağaç Türü İçin Bulgular	56
3.3.2.2.	Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular	57
3.3.2.3.	Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular	57
3.3.2.4.	Ölü Odun Bileşenine İlişkin Bulgular	57
3.3.2.5.	Toprak Bileşenine İlişkin Bulgular.....	58
3.3.2.6.	Kök Bileşenine İlişkin Bulgular	59
4.	TARTIŞMA.....	62
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
6.	KAYNAKLAR.....	69

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

SAF KARAÇAM VE KARAÇAM KIZILÇAM KARIŞIK MEŞCERELERİNDE
EKOSİSTEM BAZINDA KARBON DEPOLAMA MİKTARININ BELİRLENMESİ:
GEDİZ ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ ÖRNEĞİ

Gizem ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Amenajmanı Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Mısır
2022, 74 Sayfa

Bu çalışmada, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğü saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinin toprak altı, toprak ve toprak üstü biyokütlesinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Gediz Orman İşletme Müdürlüğü saf karaçam (*Pinus nigra*) meşcerelerinden 39 adet, karaçam-kızılçam (*Pinus nigra-Pinus brutia*) karışık meşcerelerinden 14 adet örnek alan belirlenmiştir. Büyüklükleri meşcere kapalılığına göre belirlenen (200, 400, 600 ve 800 m²) örnek alanlarda toprak üstü (ağaç, ölü örtü, diri örtü ve ölü odun), toprak ve toprak altı bileşenlerine (kökler) yönelik ölçüm, gözlem ve örneklemeler gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında alınan örnekler laboratuvara getirilerek önce biyokütle miktarları sonra da bu biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarları belirlenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla canlı ağaçların karbon depolama miktarlarının tahmin edilebilmesi amacıyla modeller geliştirilmiştir. Bu çalışmada üç adet canlı ağaç karbon modeli geliştirilmiştir.

Saf karaçam meşcereleri için toplam ekosistem karbon depolama miktarı ortalama 190,47 ton/ha olarak belirlenmiştir. Karaçam-kızılçam meşcereleri için toplam ekosistem karbon depolaması ortalama 76,24 ton/ha olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, Karaçam-Kızılçam, Kütahya, Toprak üstü karbon, Toprak karbonu, Toprak altı karbon, Karbon depolama

Master Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF CARBON STORAGE AMOUNT IN PURE BLACK PINE
AND BLACK PINE- RED PINE MIXED STANDS ON THE BASIS OF
ECOSYSTEM: GEDİZ FOREST ENTERPRISE EXAMPLE

GİZEM ÖZTÜK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Department
Supervisor: Prof. Dr. Mehmet MISIR
2022, 74 Pages

In this study, it was aimed to determine of belowground, soil and aboveground biomass and carbon storage in pure black pine (*Pinus nigra*) and black pine (*Pinus nigra*)-red pine (*Pinus brutia*) mixed stands in Kütahya Regional Directorate of Forestry Gediz Forest Enterprise. For this purpose, 39 sample plots in pure black pine (*Pinus nigra*) stands and 14 samples in black pine (*Pinus nigra*)-red pine (*-Pinus brutia*) mixed stands were measured in Gediz Forest Enterprise. Measurements, observations and sampling were carried out for aboveground (tree, litter, shrub and dead wood), soil and belowground (roots) components in sample plots (200, 400, 600 and 800 m²) the sizes of which were determined according to the crown closure.

Samples taken from field works were brought to the laboratory to determine the biomass and carbon content of these biomass. With the help of the obtained data, models have been developed to estimate the carbon storage amounts of living trees.

Total ecosystem carbon storage was determined 190,47 ton/ha for pure black pine stands as an average. Total ecosystem carbon storage was determined 76,24 ton/ha for black pine-red pine mixed stands as an average.

Key Words: Black pine, Black Pine-Red Pine, Kütahya, Aboveground carbon, Soil carbon, Belowground carbon, Carbon storage

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. CO ₂ konsantrasyonunun atmosferde yıllara göre değişimi (Mısır ve Mısır, 2021)	3
Şekil 2. Gediz Orman İşletme Müdürlüğü İşletme Şeflikleri	21
Şekil 3. Çalışma Alanı Kapsamında Örnek Alanların Dağılımı.....	22
Şekil 4. CHNS-O Elementel Analiz Cihazı.....	27
Şekil 5. Örnek Alandaki ağaçların belirlenmesi.....	29
Şekil 6. Örnek Ağaç ve Ağaç Bileşenlerinin Alınması	30
Şekil 7. Örneklerin Fırın Kuru Hale Getirilmesi.....	33
Şekil 8. Örneklerde Küçültme ve Öğütme İşlemleri	34
Şekil 9. Diri Örtü Örnekleme.....	35
Şekil 10. Ölü Örtü Örnekleme	36
Şekil 11. Toprak Örnekleme	38
Şekil 12. Kök Örnekleme.....	39
Şekil 13. Kök Örneklerinin 1-2 Gün Suda Bekletilip Yıkanması	40
Şekil 14. Kök Örneklerinin Kalın-İnce-Kılcal Kök Olarak Sınıflandırılması.....	40

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Ormanlık Alandaki Karbon Havuzları	6
Tablo 2. LULUCF ve AFOLU Rehberleri Katsayıları.....	16
Tablo 3. Karbon depolama miktarları belirlenirken kullanılan katsayılar ve hesaplama yöntemi (FRA 2010)	17
Tablo 4. Örnek Alanların Meşçere Tiplerine Göre Dağılımı	22
Tablo 5. Örnek Alanların Kapalılık Derecelerine Göre Dağılımı	23
Tablo 6. Örnek Alanların Bonitet Sınıflarına Göre Dağılımı	23
Tablo 7. Örnek Alanların Yaş Sınıflarına Göre Dağılımı	24
Tablo 8. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Havuzları ve Temel Bileşenleri.....	25
Tablo 9. Örnek Alanlara İlişkin Bilgiler.....	41
Tablo 10. Örnek Ağaç Verilerine İlişkin Bilgiler.....	43
Tablo 11. Saf Karaçam Meşçerelerindeki Karaçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri	46
Tablo 12. Saf Karaçam Meşçerelerinde Diri Örtü, Ölü Örtü ve Ölü Odun Karbon İçerikleri.....	48
Tablo 13. Saf Karaçam Meşçerelerinde Toprak Karbon İçeriği	50
Tablo 14. Saf Karaçam Meşçerelerinde Kök Karbon İçeriği	52
Tablo 15. Saf Karaçam Meşçerelerinin Toplam Karbon Miktarları	53
Tablo 16. Karaçam-Kızılçam Meşçerelerindeki Karaçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri.....	55
Tablo 17. Karaçam-Kızılçam Meşçerelerindeki Kızılçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri.....	56
Tablo 18. Karaçam-Kızılçam Karışık Meşçerelerinde Diri Örtü, Ölü Örtü ve Ölü Odun Karbon İçerikleri	58
Tablo 19. Karaçam-Kızılçam Karışık Meşçerelerinde Toprak Karbon İçeriği	59
Tablo 20. Karaçam-Kızılçam Meşçerelerinde Kök Karbon İçeriği	60
Tablo 21. Karaçam-Kızılçam Meşçerelerinin Toplam Karbon Miktarları.....	61

SEMBOLLER DİZİNİ

AFOLU	: Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı
AKAKDO	: Arazi Kullanımı Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık
AR4	: IPCC 4. Değerlendirme Raporu
AR5	: IPCC 5. Değerlendirme Raporu
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CO ₂	: Karbondioksit
COP	: Taraflar Konferansı
FAO	: Food and Agriculture Organization of The United Nations
FAR	: IPCC 1. Değerlendirme Raporu
FRA	: Forest Resources Assesment
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
KP	: Kyoto Protokolü
LULUCF	: Land and Use Land Use Change and Forestry
SAR	: IPCC 2. Değerlendirme Raporu
TAR	: IPCC 3. Değerlendirme Raporu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu
UNCED	: Birleşmiş Milletler ve Kalkınma Konferansı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yaratılıştan itibaren ekosistemin bir parçası olan insan, zamanla ekosistemin sahibi gibi davranmaya başlamıştır. İlk çağlardan itibaren insan faaliyeti çevreyi etkilemiştir. Başlangıçta bu etki göreceli olarak küçük olmuş ve çevre bu etkiyi kendi doğal mekanizması içerisinde elimine etmiştir. Ancak, hızla artan insan nüfusu ve gelişen teknolojinin yarattığı yeni sorunlar, çevreyi daha olumsuz etkilemekte ve çevrenin doğal olarak kendini koruma kapasitesini aşmaktadır. Bu durum zamanla beraberinde ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı, hava kirliliği, sel, çığ, heyelan gibi çeşitli doğal afetler, açlık, gıda güvenliği, su kıtlığı gibi sorunlar yanında küresel ısınma ya da diğer bir ifadeyle küresel iklim değişikliği sorununu da beraberinde getirmiştir (T.C., Kalkınma Bakanlığı, 2018).

Volkanik patlamalar, dünya ve güneş ile ilgili değişiklikler gibi doğal olaylar yanında insan faaliyetleri sonucu atmosferin bileşiminde meydana gelen değişiklikler nedeniyle iklim giderek değişmektedir. İklim değişikliği, etkileri ve sonuçları itibarıyla insan hayatını tehdit eden en önemli küresel sorunlardan biridir. Atmosferdeki sıcaklık artışıyla kendini gösteren iklim değişikliğinin en sık görülen etkileri ise; okyanusların ısınması, buzulların erimesi, deniz seviyesindeki yükselme, olağan dışı doğa olaylarındaki artış ve benzeri gelişmelerdir (URL 1). Günümüz dünyasının en büyük problemi olarak kabul gören iklimdeki bu değişik küresel ısınma veya küresel iklim değişikliği olarak adlandırılmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda meydana gelen iklim değişikliği; “Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ve dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişiklik” olarak tanımlanmaktadır (UNFCCC, 1996).

Küresel iklim değişikliğiyle birlikte meydana gelen ekosistemin bozulması, kentsel altyapı ve yerleşim yerlerinde meydana gelen hasarlar, hastalık ve ölümlerin artması, gıda ve temiz suya ulaşma konusundaki problemler insanların yaşam kalitesini düşürmektedir (IPCC, 2014b). Dünya genelinde 1998-2017 yılları arasında meydana gelen doğa olaylarının % 91’i iklim kaynaklıdır. 1.3 milyon insanın ölümüne neden olan bu doğa

kaynaklı afetlerden 4.4 milyar insan etkilenmiştir. Asya kıtası % 53'lük oranla en çok yaşamın yitirildiği ve küresel ölçekteki doğal afetlerden en çok etkilenen kıta olarak kayıtlara geçmiştir (Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi ve Epidemiyoloji Afetleri Araştırma Merkezi, 2018). 1988-2017 yılları arası 30 yıllık dönemle 500 adet, 2008-2017 yılları arası 10 yıllık dönemde ise 630 adet doğal afet yaşanmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı-Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020). 2020 yılı, kara ve okyanus yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılın sıcaklık ortalaması olan 14°C'nin 1°C üzerine çıkarak 2016 yılından sonra kayıtlara geçen en sıcak yıl olmuştur (Tarım ve Orman Bakanlığı-Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021). İklim değişikliğinin etkileri doğal afetlerin sayısının ve şiddetinin artmasıyla yeni bir boyut kazanmıştır.

İklim değişikliğinin nedenleri doğal ve yapay olarak incelenebilir. Doğal nedenler; volkanik etkiler, güneş enerjisindeki dalgalanma, dünyanın yörüngesinde meydana gelen değişimler ve kıtasal sürüklenmedir. Yapay nedenler ise insan etkisi ile atmosferdeki sera gazı emisyonlarının artması ve dolayısıyla sera etkisinin artmasıyla iklimde oluşan değişikliklerdir (Kadıoğlu, 2001).

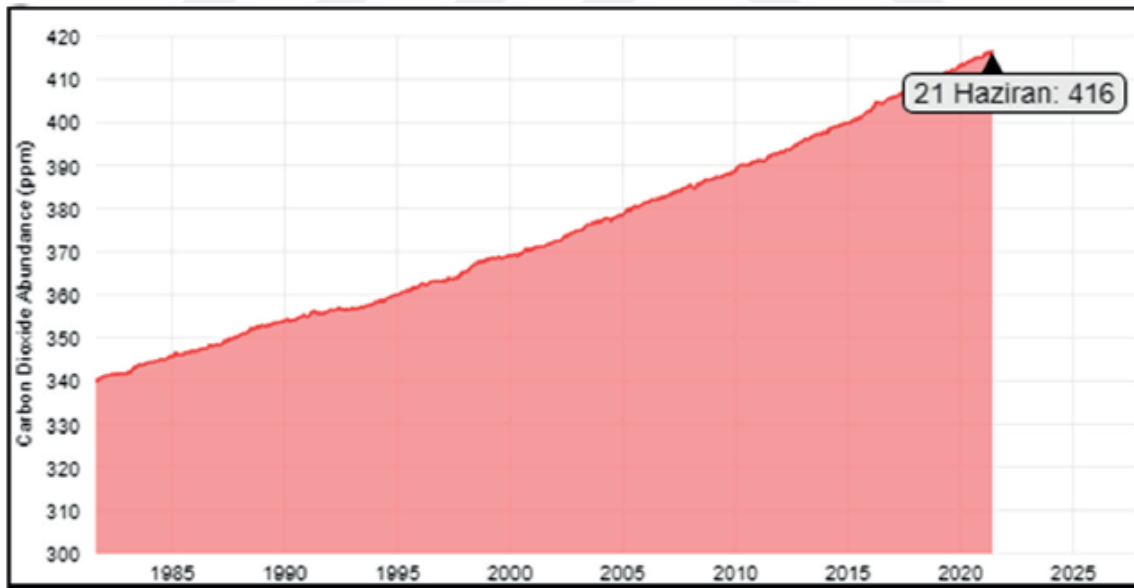
Küresel iklim değişikliğinin en önemli nedeni olarak atmosferin sera etkisinin artması gösterilmektedir. Bunun yanı sıra rüzgarlar ve okyanus akıntılarının, yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

Gezegimizin atmosferi tıpkı bir sera gibi çalışır. Güneşten Dünya üzerine gelen radyasyonun %30'u bulutlar, buzullar ve diğer yansıtıcı kaynaklar tarafından geriye yansıtılır. Geri kalanı ise okyanuslar, toprak ve atmosfer tarafından emilir. Geriye yansıtılan ısının bir kısmı atmosferin yapısında yer alan gazlar tarafından tutulur. Sera gazı olarak da nitelendirilen karbondioksit, metan, su buharı, ozon, azot oksit gibi bu gazlar sayesinde yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının bir kısmı tekrar yeryüzüne gönderilir. Bir battaniye işlevi gören sera gazları sayesinde yeryüzündeki ortalama sıcaklık, insanlar, hayvanlar ve bitkilerin hayatını sürdürmesine imkan verecek bir ısı düzeyinde kalmasını sağlar. Sera gazlarının bu doğal etkisi 'sera etkisi' olarak adlandırılır.

Sera etkisine neden olan ve sera gazları olarak tanımlanan bu gazların bir kısmı kendiliğinden bir kısmı ise insan faaliyetleri sonucu üretilir. Özellikle Sanayi Devrimi ile birlikte atmosferde doğal yapısında bulunan azot, metan, karbondioksit gibi doğal sera gazı emisyonlarında artış meydana gelmiştir. Sera gazı miktarı atmosferde insan kaynaklı

olarak; fosil yakıt kullanımı, ormanların yok edilmesi, sentetik gübre kullanımı, endüstriyel süreçler, tarım ve hayvancılık gibi faaliyetler ile artmaktadır. Doğal yollarla oluşup sera etkisini arttıran gazlar ise bataklıklardan kaynaklanan metan, su buharları, karbondioksit, azot oksit ve ozon içeren gazlardır (Türkeş, 2001).

Günümüzde küresel ısınma, atmosferdeki sera gazı ve dolayısıyla bu gazlar arasında en büyük paya sahip olan karbondioksit oranının artmasına bağlanmaktadır. Sanayi devrimi ile beraber fosil yakıtların kullanımının ciddi şekilde artışıyla, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun hızlı bir şekilde arttığı bilinmektedir. Karbondioksit miktarı 1957 yılından itibaren düzenli olarak ölçülmektedir. Bilim insanları tarafından üst güvenlik limiti olarak belirlenen 350 ppm seviyesi Ocak 1988’de aşılmıştır. Haziran 2021’de ölçülen son değer ise, 416 ppm.’dir (Şekil 1). Atmosferik CO₂ miktarının bu kadar yüksek olduğu son zaman, sıcaklığın sanayi öncesi döneme göre 2°–3°C daha yüksek olduğu 3 milyon yıldan fazla bir zaman öncedir ve deniz seviyesi bugünden 15-25 metre daha yüksektir (Mısır ve Mısır, 2021).



Şekil 1. CO₂ konsantrasyonunun atmosferde yıllara göre değişimi (Mısır ve Mısır, 2021)

IPCC’ye göre 2004 yılındaki insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %56’sı fosil yakıt kullanımında ortaya çıkan karbondioksit aittir. Karbondioksitin temel yapı taşı

Karbon (C) elementidir. Karbon, aslında tüm canlıların yapısında bulunan karbonhidrat, yağ, protein ve vitaminlerin, yani organik maddelerin ortak bileşenlerinden biridir. Ayrıca enerji üretimi için gerçekleştirilen solunum sonucunda da açığa çıkar. Bu nedenle canlı ve cansız varlıklar arasındaki döngüsü, yaşamın sürekliliğini sağlar. Karbonun fotosentez, ayrışma, aşınma, yakma, solunum, beslenme gibi olaylar sayesinde atmosfer, yerküre, su küre ve canlılar arasında devamlı olarak hareket etmesine karbon döngüsü adı verilir (URL-2).

Karbonun atmosferde, toprakta, karalar üzerindeki bitkilerde, canlılarda, sularda, su bitkilerinde ve su içlerinde yaşayan canlılarda toplandığı yerler 'karbon havuzları' olarak adlandırılmaktadır (Tolunay, 2013a). Dünyamızda karbonun hareket ettiği 3 depo (havuz) bulunmaktadır. Bunlar:

- 1-Atmosfer,
- 2-Karasal ekosistemler,
- 3-Okyanus ekosistemleridir.

Küresel karbon havuzlarından en büyüğü okyanuslardır. Okyanuslar ve atmosfer arasında sürekli bir karbon alışverişi söz konusudur. Okyanuslarda yüzeye yakın kesimlerde çözülmüş inorganik karbon oluşumu gerçekleşir. Bu inorganik karbon suyun soğuk olduğu okyanus kesimleri ve kış aylarında derine inmekte, yaz ayları ve sıcak su ortamlarında ise biyotik ve abiyotik mekanizmalar ile yeniden atmosfere geçmektedir.

Sistemdeki toplam 48.000 Gt karbonun 39.000 Gt'u okyanuslarda (canlılar, bitkiler ile sularda) yer alır (1Gt=1Pt=109 ton). Atmosferde 760 Gt, karasal bitkilerde 500 Gt, toprakta 2.000 Gt karbon tutulduğu bilinmektedir (Tolunay, 2013a). Karbon bu havuzlar arasında yer değiştirmektedir. Karbonun yer değiştirmesi solunum, fotosentez, ayrışma ve yanma olaylarıyla meydana gelmektedir (IPCC, 2000). Dünyanın oluşumundan beri atmosfer, okyanuslar ve karasal ekosistemler arasında karbon bileşikleri yönünden hassas bir denge bulunmaktadır. Bu denge özellikle son iki yüzyılda fosil yakıtların artan kullanımları sonucu giderek daha hızlı bir şekilde bozulmaktadır.

Sanayi devrimi ile birlikte çimento sanayi ve fosil yakıt kullanımının başlaması atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu giderek artırmıştır. Dolayısıyla küresel karbon döngüsünde bozulmalar meydana gelmiştir. Çimento sanayi ve fosil yakıt kullanımı sonucunda yıllık ortalama 7,2 milyar ton, ormansızlaşma ile 1,6 milyar ton olmak üzere

toplam 8,8 milyar ton karbon atmosfere salınmaktadır (Volk, 2008). Buna karşın okyanuslar tarafından 2,2 milyar ton ve karasal bitkiler ve topraklar tarafından 2,5 milyar ton olmak üzere toplam 4,7 milyar ton karbon tutulmaktadır. Her yıl atmosferde artan karbon miktarı, aradaki fark çıkarılarak 4,1 milyar ton olarak belirlenmektedir (Tolunay, 2013a).

İnsan kontrolündeki en önemli karbon havuzu karasal ekosistemlerdir. Karasal ekosistemler üzerinde insan faaliyetleri, küresel ısınmanın artmasında ya da azalmasında etkin rol oynamaktadır (Mısır vd., 2019). Karasal ekosistemler ciddi oranda bitkisel kütle barındırmaktadır. Bünyelerinde bulunan bitkisel kütlede karbon bağlama görevi üstlenen toprak da karbon havuzu olarak önemli bir yere sahiptir. 510 milyon km² Dünya toplam alanının yaklaşık 150 milyon km²'sini oluşturan karasal ekosistemlerin %31'i orman alanları ile kaplıdır (Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri Türkiye Raporu, 2019). Sera gazları içinde en büyük paya sahip olan karbondioksit, orman ekosistemlerinde bulunan canlı bitkisel kütle, çürüyen organik madde ve toprakta depolanmaktadır (Öztekin, 2019). Bu sebeple karbonun atmosfere salınımını azaltabilecek en önemli yutakları ormanlar oluşturmaktadır (Çömez, 2012).

Bitkiler gelişimlerini, yapraklarla aldıkları güneş ışığı, havadan aldıkları karbondioksit (CO₂), köklerle aldıkları su ve yapraklarındaki mevcut klorofil ile karbonhidrat ve oksijen üreterek sürdürürler. Yapraklarında ürettiği karbonhidratlar sayesinde bitkiler, yeni yaprak ve odun üretimini devam ettirmektedir. Fotosentez esnasında havadan aldıkları CO₂, karbonhidrata ve karbona çevrilerek, bitkisel kütlede birikerek oduna dönüşür (Tolunay, 2013a).

Araştırmalar karasal ekosistemler üzerinde bulunan ormanların bitkisel kütle ve toprakta depoladığı karbon miktarının 652 milyar ton civarında, meralarda 9 milyar ton dolaylarında ve tarımsal alanlarda ise yaklaşık 3 milyar ton olduğunu göstermektedir. Çeşitli çalışmalar sonucunda elde edilen bu değerler karasal ekosistemler üzerindeki ormanların diğer karasal ekosistemlerden çok daha fazla karbon stokladığını göstermektedir (FAO, 2010). İklim değişikliği ile mücadelede orman ekosistemleri karbon depolama kapasiteleri ile ana kaynak niteliğindedir. Tüm karasal ekosistemlerde tutulan toprak üstü karasal organik karbonun %80'ini depolayan orman ekosistemleri, tüm toprak altı organik karbonunun ise %40'ını depoladığı bilinmektedir (IPCC, 2001; Mısır ve Mısır, 2017).

LULUCF (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık) kılavuzunda karbon depolama alanları olarak ormanlara çok büyük önem atfedilmektedir. Bu açıdan ormanlarda karbonun bulunduğu (depolandığı) havuzlar 3 ana başlık altında 5 alt kategoriye ayrılmıştır (Tablo 1) (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Tablo 1. Ormanlık Alandaki Karbon Havuzları

Ana Havuzlar	Alt Kategori Havuzlar	Temel Bileşenler
Canlı Biyokütle	Toprak üstü	Toprak üstünde bulunan gövde, kütük, dal, kabuk, tohum ve yapraklar.
	Toprak Altı	Canlı biyokütlenin yaşayan tüm kökleri
Ölü Organik Madde	Ölü Odun	Canlı gövde ya da döküntü dışında dikili kuru haldeki veya tabanda ya da toprakta bulunan tüm odunsu biyokütle. Ölü odun; yüzeyde yatan odunlar, dikili kurular, ölü kökler ve 10 cm çaptan daha kalın kütüklerdir (ülkelere göre değişebilir).
Toprak	Döküntü	Mineral veya organik toprağın üstünde en az 10 cm çapta (ülkelere göre değişebilir) bir tabaka oluşturabilen tüm ölü odunsu biyokütle.
	Toprak Organik Maddesi	Minerallerdeki organik karbonu ve organik toprakları kapsamaktadır.

Orman alanlarında karbon, toprak üstü bileşeni olan canlı ağaçların dallarında, yapraklarında, gövdelerinde ve köklerinde depolanmaktadır. Bunun yanı sıra cansız biyokütleyi oluşturan ölü örtü, ölü odun, toprak bileşenleri ve hasat edilen orman ürünlerinde de karbon depolanmaktadır (Zengin vd., 2007; Mısır vd., 2011).

Orman ekosistemlerinin içerdiği yıllık karbon miktarı, 2010 yılında 652,4 milyar ton olarak açıklanmıştır (FAO, 2010). Bu miktarın %44'ünün (289 milyar ton) bitkisel kütlede, %45'inin (292 milyar ton) toprakta, %5'inin (33 milyar ton) ölü odunda ve %6'sının ise (39 milyar ton) ölü örtüde stok edildiği belirlenmiştir. Verilen değerler depolanan karbonun yaklaşık yarısının bitkisel kütle ve ölü odunda olduğunu göstermektedir (FAO, 2010).

Dünya orman alanındaki değişim belli zaman dilimleri arasında gözlemlenmektedir. 1990 ve 2000 yılları arasında dünya orman alanında %0,20 azalma ile alan bazında 8,33 milyon hektar kayıp olmuştur. 2000 ve 2010 arası dönemde ise orman alanlarında %0,13 oranla 5,21 milyon hektar azalma belirlenmiştir (FAO, 2011). 1990-2010 yılları arasında orman alanlarındaki azalma neticesinde bitkisel kütlede 23 milyar ton azalma gözlemlenmiştir. Bu da bitkisel kütledeki karbon stok değerlerinde 10,5 milyar ton azalmaya neden olmuştur (FAO, 2010). Ormanların bünyesinde barındırdıkları ağaç servetinin ne denli önemli olduğu buradan anlaşılmaktadır. 2010 yılı için dünyada 527 milyar metreküp ağaç servetinin bulunduğu ve hektar başına 131 metreküp servet düştüğü tahmin edilmektedir (FAO, 2010).

2020 yılına gelindiğinde dünya ormanlarında canlı biyokütle 606 milyon ton civarında ve hektar başına düşen canlı biyokütle yaklaşık 149 tondur. 1990 yılında 614 milyar ton olan bu biyokütle değerlerinde geçen 30 yıllık süreçte yaklaşık 8 milyar ton düşüş meydana gelmiştir. 1990 yılında 668 milyar ton olan orman ekosistemlerinin içerdiği karbon miktarı 2020 yılı için 662 milyar ton olarak açıklanmıştır. 1990-2020 yılları arasında toplam orman karbon stokları küresel anlamda azalmıştır ancak hektar başına düşen stok değerleri 159 ton'dan 163 ton'a yükselmiştir (FAO, 2020).

Ormanlarda depolanan karbon stoklarını korumak ve geliştirmek için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Sürdürülebilir yönetim, rehabilitasyon ve plantasyon yöntemleri karbon stok değerlerini koruyarak geliştirmeye yardımcı olurken, yanlış yönetim, ormansızlaşma ve bozulma ise azalmaya neden olabilmektedir (FAO, 2010). Orman alanlarının tarım, konut, sanayi, enerji amaçlı çalışmalar için dönüştürülmesi veya yok edilmesiyle sera gazı yutak alanlarında azalma görülmektedir (Gündoğan ve diğ., 2015).

Orman ekosistemlerinde tutulan karbonun %74'ünün toprak üstünde, %26'sının toprak altında bulunduğu ABD'de yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Toprak üstündeki miktarın %35'inin sürekli olarak ekosistem içinde tutulduğu, %32,5'inin çürüme ve ayrışma sonucunda atmosfere geri döndüğü, %32,5'inin ise odundan üretilen hammaddenin içinde hapsediği bilinmektedir. Odundan üretilen orman ürünleri içinde depolanan karbon değerinin yıllık %2 oranında azaldığı öngörülmektedir (Asan ve ark., 2005).

Orman ekosistemlerinin karbon depolaması: Tek ağaç bazında; ağaç türü, yaşı, boyu, hacim ağırlığı, 1,3 m'deki çapı gibi ağaç özelliklerine, Toprak esas alındığında; derinlik,

tekstür, nem, taşlılık, pH, besin maddesi içeriği, geçirgenlik, havalanma özelliklerine, Arazinin; bağıl nem, sıcaklık, yağış, rüzgar, ekstrem hava koşulları gibi iklim özelliklerine, yükselti, bakı, eğim ve enlem gibi topoğrafya özelliklerine, faydalanma amacı ve süreklilik gibi orman işletme şekline bağlı olarak farklılık göstermektedir (Tolunay, 2011).

Küresel boyutta iklim şartlarında oluşan değişiklik birçok canlı türünün sayısını ve habitatlarını (yaşam alanı), mevsimsel faaliyetlerini ve göç zamanlarını değiştirmiştir (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014b). Deniz suları küresel ısınmanın etkisiyle ısınmaktadır ve ısınma sonucunda kutup ve dağ buzullarının erimesiyle deniz suyu seviyeleri yükselerek özellikle kıyılarımızın bu yükselmeden olumsuz şekilde etkileneceği öngörülmektedir (Kadıoğlu, 2007).

İklim değişikliğinin meydana getirdiği birçok sorunla başa çıkabilmek için küresel ölçekli bir koordinasyonun sağlanması gerekmektedir (Gupta, S.G., 2019). İnsan faaliyetleri sonucu sera etkisinin artması ve buna bağlı olarak gündeme gelen küresel iklim değişikliği konusu uluslararası düzeyde pek çok platformda ele alınmıştır.

1.2. Uluslararası Süreçler

Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) birikiminin değişmesiyle birlikte iklimin değişebilme olasılığı ilk kez 1896 yılında Nobel ödülü sahibi İsveçli S. Arrhenius tarafından öngörülmüştür (Türkeş, 2001). Ancak iklim değişikliğinin yol açabileceği olumsuz etkiler konusu, uluslararası anlamda ilk olarak 1972 yılında İsveç'in başkenti Stockholm'de düzenlenen "Ulusal İnsan ve Çevre Konferansı" nda ele alınmıştır. Çevre ile uyumlu ekonomik kalkınma konusu, ilk kez dünya liderlerinin istişare konusu olmuş, "İnsan ve Çevresi" adlı bildiri yayınlanmış ve "İnsan ve Çevresi Harekât Planı" ismi ile 109 adet öneriyi kapsayan bildirge açıklanmıştır (UN, 1972).

İklim değişikliği konusunda ilk bilimsel adım ise 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) öncülüğünde düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı ile atılmıştır (Türkeş, 2001). Konferansta küresel ısınma sorununun önemi üzerinde durulmuş, iklim değişikliği riskine dikkat çekilmiştir. 1985 ve 1987 yıllarında Villach'ta (Avusturya) düzenlenen toplantılar, iklim değişikliği sorununun bilimsel alandan siyasete geçişini sağlayarak uluslararası politika gündeminde yerini alması sağlanmıştır (Türkeş, 2001).

1988 yılında düzenlenen Değişen Atmosfer Toronto Konferansı kapsamında, küresel CO₂ salınımlarının 2005 yılına kadar %20 azaltılması hedeflenmiş ve protokollerle geliştirilecek olan bir çerçeve iklim sözleşmesinin hazırlanması önerilmiştir (Türkeş, 2001). Yine 1988 yılında Birleşmiş Milletler'e (BM) bağlı olarak faaliyet gösteren Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. Aynı yıl Aralık ayında Malta'nın girişimiyle Birleşmiş Milletler Genel Kurulu "İnsanoğlunun Bugünkü ve Gelecek Kuşakları için Küresel İklimin Korunması" konulu 43/53 sayılı kararı kabul edilerek, küresel iklimin insanoğlunun ortak mirası ve iklim değişikliğinin de insanlığın ortak sorunu olduğu belirtilmiştir (Türkeş, 2001). 1989 yılının Kasım ayına gelindiğinde Hollanda'nın Nordwijk kentinde hükümetler arasında "Atmosferik İklimsel Değişiklik" konulu üst düzey bir Bakanlar Konferansı düzenlenmiş, bilim ve politika çerçevesinde iklim değişikliği konusu tartışılmıştır. 29 Ekim-7 Kasım 1990 tarihlerinde Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) öncülüğünde İsviçre'nin Cenevre kentinde II. Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir (Gündoğan ve diğ., 2015). CO₂ birikimine ve fosil yakıtlara dayalı küresel iklim değişikliğine dikkat çeken konferansta Bakanlar Deklarasyonu, Türkiye de dahil olmak üzere 137 ülke tarafından kabul görmüştür (Türkeş, 2001).

1.2.1. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

İklim değişikliği konusunda disiplinlerarası güncel ve güvenilir bilgi sağlamak amacıyla Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından 1988 yılında "Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)" kurulmuştur (UNFCCC, 2006).

IPCC bu güne kadar iklim değişikliği ve olası sonuçları ile ilgili toplam 5 adet ana rapor yayınlamıştır. İlk raporu olan FAR (1990), doğal sera etkisine işaret ederek buna insan faaliyetlerinin sebep olduğunu, kara yüzeyleri ve okyanusların giderek ısındığını, ekosistem üzerindeki birçok canlının neslinin tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kaldığını bildirmiştir (IPCC, 1990). İkinci raporu olan SAR (1995), iklim değişikliği bilimi, iklim değişikliğinde azaltım, uyum ve etkilerinin bilimsel/teknik analizi ile iklim değişikliğinin ekonomik ve sosyal boyutunu ele almıştır (IPCC, 1995). TAR 2001 yılında yayımlanan 3.

rapordur ve iklim değişikliğinin sonuçlarının ve yıkıcı etkilerinin bölgesel bazda ele alınması gerektiğini vurgulamıştır (IPCC, 2001). Dördüncü rapor olan AR4 (2007), iklim değişikliğinin fosil yakıt kullanımından kaynaklandığını ve arazi kullanımındaki değişikliğin de diğer önemli faktör olduğunu belirtmiştir (IPCC, 2007). Son rapor AR5 (2013), sera gazı emisyonlarının artmasının iklim sistemi bileşenlerini etkileyerek ısınmayı da artıracakının ve uzun süreli değişikliklere neden olacağını altını çizerek ‘adaptasyon (uyum) ve azaltma’ temel strateji olarak gösterilmiştir (IPCC, 2013).

1.2.2. Rio Zirvesi

1990’lı yıllara gelindiğinde çevresel endişelerin devam ettiği görülmüş ve konunun daha geniş kapsamlı ele alınması gereği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda 1992 yılında Brezilya’nın Rio de Janerio kentinde Birleşmiş Milletler ve Kalkınma Konferansı (UNCED) toplanmıştır. Bu konferans çevresel bakışı derinden etkileyecek ve köklü yapısal değişikliklere götürecektir kısaca ‘Rio Süreci’ denilen bir sürecin başlangıcı olmuştur. Konferanstaki en önemli tespit çevreye rağmen kalkınmanın sağlanamayacağı, kalkınmanın ihmal edilmesi ile de çevrenin korunamayacağıdır. Bu nedenle çevre ve kalkınma birlikte, dengeli ve sürdürülebilir bir şekilde ele alınmalıdır. Çevre konusunun dünyada en kapsamlı şekilde ele alındığı Rio Zirvesi sonucunda 6 önemli çıktı elde edilmiştir. Bunlar:

- ✓ Rio Deklarasyonu
- ✓ Ormancılık Prensipleri
- ✓ Gündem 21
- ✓ Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
- ✓ Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
- ✓ İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’dir.

Bu 6 önemli çıktıya ev sahipliği yapan konferans çıktılarından en önemlisi, Türkiye’nin de taraf olduğu İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’dir.

1.2.3. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İnsan kaynaklı sera gazı salımındaki artış ve küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliğine karşı uluslararası anlamda ilk çaba Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesidir (BMİDÇS) ve Birleşmiş Milletler liderliğinde hükümetler arasında gerçekleştirilen küresel ısınmayla ilgili ilk çevre sözleşmesidir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıktığını kabul ederek atmosferdeki sera gazı oranlarını düşürmek ve etkilerini minimuma indirerek belirli bir seviyede tutmayı amaçlamaktadır. Bu amaçlara yönelik; genel ilkeler, eylem stratejileri ve ülkelerin yükümlülükleri sözleşmeyle düzenlenmiştir. Sözleşmeye taraf olan ülkeler Ek-I ve Ek-II ülkeleri olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır.

Ek-I ülkeleri salımlarını sınırlandırmak ve yutaklarını iyileştirmek için politika ve önlemler almakla yükümlüdürler. Ek-II ülkeleri ise gelişmiş ülkelerdir. Ek-II tarafları, gelişmekte olan ülkelere sözleşmede yer alan yükümlülüklerini yerine getirebilmeleri için yardımcı olmak, finansal kaynak ve teknoloji transferi sağlamakla yükümlüdürler. Sözleşme kapsamında Türkiye Ek-II ülkeleri arasında yerini alarak sözleşme yükümlülüklerini üstlenmiştir.

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında tarafların yükümlülüklerini, sözleşmenin amacı doğrultusunda uygulanması ile kazanılan deneyimin, bilimsel ve teknolojik gelişimin dönemsel olarak incelenmesi amacıyla belli aralıklarla düzenlenmesi kararlaştırılmıştır. Taraflar Konferansı (COP) olarak adlandırılan toplantıların ilki 1995 yılında Berlin’de düzenlenmiştir (UNFCCC, 1996). 2001 yılında Meksika’da düzenlenen Taraflar Konferansı’nda (COP7) Türkiye, Ek-II listesinden çıkarılarak gelişmiş ülkeleri kapsayan sera gazı azaltım yükümlülükleri kaldırılmıştır (UNFCCC, 2003).

1.2.4. Kyoto Protokolü

Sera gazı salımlarının dünyanın her yerinde devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderek daha hissedilir boyutlara ulaşması üzerine, özellikle gelişmiş ülkelerin kararlı ve bağlayıcı yükümlülükler alması için, BMİDÇS’ine taraf ülkeler,

mevcut sözleşmenin niteliğini güçlendirmek amacıyla 2,5 yıl süren müzakerelerin ardından Aralık 1997'de Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen BMİDÇŞ 3. Taraflar Konferansı'nda (COP3) bir protokol imzalanmıştır. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır. 6 Mart 1998'de imzaya açılmış ve 15 Mart 1999'da son halini almıştır. Ancak, protokolün yürürlüğe girebilmesi için, onaylayan ülkelerin 1990'daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55'ini bulması gerekmektedir ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya Federasyonu'nun 18 Kasım 2004'te katılmasıyla ulaşılmış ve bundan da 90 gün sonra 16 şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Protokol'e halen 191 ülke ve AB taraftır.

Kyoto Protokolü, Rio Sözleşmesi'ni tamamlayan ve güçlendiren sözleşme olmanın yanında içeriğindeki temel ve hedefleri de aynıdır. BMİDÇŞ'ne taraf ülkelerin yaptıkları EK-I, EK-II ve EK-I dışı olarak sınıflandırma esas alınmıştır (UNFCCC, 2003). Kyoto Protokolü, "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ilkesi" uyarınca sanayileşmiş ülkelere daha ağır ve yasal olarak bağlayıcı yükümlülükler vermiştir.

Türkiye, iklim değişikliği ile mücadelede önce Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇŞ) sonrasında Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur. Kyoto Protokolü'nün 2008-2012 yılları arasındaki dönemi için her yıl sera gazı emisyon envanteri raporunu çıkarmak, her dört yılda bir iklim değişikliği ulusal bildirimini hazırlamak ve raporları BMİDÇŞ sekreteryasına sunmak Türkiye'nin sorumluluklarıdır (Öker ve Adıgüzel, 2013). Ağustos 2009'da Kyoto Protokolü'ne taraf olan Türkiye, 'karbon ticareti' konusu üzerinde yoğunlaşmamıştır. Çünkü 2012 yılı sonuna kadar karbon emisyonlarını azaltma konusunda herhangi bir yükümlülüğü bulunmamaktadır. Kyoto Protokolü'nün birinci taahhüt dönemi 31 Aralık 2012 tarihinde sona ermiş, ikinci taahhüt dönemi 2013-2020 yılları için belirlenmiştir. ABD, Kanada ve Japonya gibi gelişmiş ülkeler taahhüt almak istememişlerdir. Türkiye ise özel şartları gereği taahhüt almamıştır (Başsüllü ve ark., 2014).

1.2.5. Paris İklim Anlaşması

28 Kasım – 11 Aralık 2011 tarihleri arasında Duban’da yapılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansında (United Nations Climate Change Conference) iklim değişikliği anlaşmasının 2015 yılı sonuna kadar tamamlanması ve 2020 yılında yürürlüğe girmesi kararı alınmıştır (Çolakoğlu, 2019). Bu bağlamda 2015 yılında Fransa’nın Paris kentinde toplanan 21. Taraflar Konferansı’nda (COP21) ‘Paris Anlaşması’ kabul edilmiştir (Mazlum, 2019). Paris Anlaşmasının yürürlüğe girmesi için, küresel sera gazı emisyonlarının %55’inden sorumlu en az 55 ülkenin anlaşmayı onaylaması şartı koyulmuş ve şartın sağlanması ile anlaşma yürürlüğe girebilmiştir (Dışişleri Bakanlığı, 2018b). Paris Anlaşması, BMİDÇS’ne taraf olan 196 ülke ve AB’nin oy birliği ile kabul edilmiştir (Çolakoğlu, 2019). Türkiye 22 Nisan 2016 tarihinde anlaşmaya taraf olmuştur (Mazlum, 2019) ve 7 Ekim 2021 tarihinde meclis onayından geçmiştir. Paris İklim Anlaşması alışılmış bir çevre anlaşması değildir. Anlaşma, Kyoto Protokolü’nde hedeflenen emisyon azaltımının yanında, insan hakları, sürdürülebilir kalkınma, karbonsuzlaştırma, göçler ve yeşil iklim fonu gibi konuları da ele almıştır.

Paris İklim Anlaşması, yaşadığımız yüzyılın ikinci yarısına kadar iklim değişikliği sorununun çözülmesi gerektiğine dikkat çekerek, en kısa sürede uygulanması gereken küresel bir eylem planı ortaya koymayı amaçlayan iklim değişikliği konusundaki ilk çok uluslu anlaşma özelliğine sahiptir (AB, 2018). İlk kez uzun dönem için sıcaklık artış hedefi konulan anlaşma olmuş ve küresel sıcaklıklardaki artış değerleri 1,5-2°C arasında sınırlandırılmıştır. Anlaşmanın 2020 yılı sonrası dönemde iklim rejimini etkileyen en önemli çıktısı, sıcaklık artışının 1,5°C’de sınırlandırılması olmuştur (Kocaman, 2019).

Bu evrensel anlaşmanın ana amacı; yaşadığımız yüzyılda küresel sıcaklık artışını 2°C’nin altında tutmak ve sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C’de sınırlandırabilmek için çaba sarf etmek şeklinde belirlenmiştir (Çolakoğlu, 2019). İklim değişikliğinin etkilerine uyum ve mücadele konusunda önemli çabalar üstlenen anlaşma, gelişmekte olan ülkelere destek sağlamak için tüm ülkeleri ortak bir amaca yöneltmeyi amaç edinmiştir (UNFCCC, 2018c).

İklimde meydana gelecek değişiklikleri sınırlayacak azaltım ve uyum politikalarının devletler tarafından benimsenmesini savunan anlaşmanın 48. Maddesi gereğince; yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası ölçekte küresel bir çaba olduğu ve iklim değişikliğinin

sonuçları karşısında verilen mücadelede tüm canlı ve cansız varlıkların korunması için uzun dönemdeki mücadeleye önemli bir katkı olduğu kabul edilmiştir (Çolakoğlu, 2019).

Paris İklim Anlaşması, BMİDÇS ve Kyoto Protokolü gibi benzer nitelikli çıktılara kıyasla sıcaklık hedeflerinde daha iddialı olmuş, anlaşmanın Madde 2.a'sında küresel ısınmanın 2°C ötesinde 1.5 °C ile sınırlandırılmasını hedeflemiştir. Ek Ülke Tarafları ayrımı kaldırılarak, 'ortak fakat farklılaşmış sorumluluklar' ilkesi gereğince her ülkenin ayrı sorumluluk alması gerektiğinin altı çizilmiştir.

İmzaya koyulan ve taraf olunan uluslararası sözleşme ve anlaşmalar, taraf ülkelere, iklim değişikliği ile ilgili fon oluşturma, teknoloji geliştirme, salımları azaltma ve bildirimlerde bulunma gibi bir takım sorumluluklar yüklemiştir. BMİDÇS, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması'na imza koyan ve taraf olan Türkiye'nin de bu bağlamda yerine getirmekle yükümlü olduğu sorumlulukları vardır. Özellikle 24 Mayıs 2014 yılında 189. ülke olarak BMİDÇS'ne taraf olan Türkiye, sözleşmenin 4. ve 12. maddeleri gereği sözleşme uygulama süreçlerini ortaya koymak için bildirim yapmak zorundadır. Bu bildirimlerin ana amacı, sözleşmenin karar alma organı olan taraflar toplantılarını (COP) iklim değişikliği ile mücadele sürecinde bilgilendirmektir. Türkiye'nin de dahil olduğu BMİDÇS Ek-I ülkeleri sözleşme kapsamında 3 tip bildirimde bulunmak durumundadır. Bunlar;

1. Yıllık Sera Gazı Envanter Raporu ve Tabloları
2. İki yılda bir hazırlanan İki Yıllık Raporlar ve Tabloları
3. Dört yılda bir hazırlanan Ulusal Bildirimler

Bu rapor ve bildirimler arasında en kapsamlı olanı 4 yılda bir hazırlanan ulusal bildirimlerdir. Ülkemiz bu kapsamda ilk ulusal bildirimini 2006 yılında, son bildirimini ise 26 Aralık 2018'de BMİDÇS sekreteryasına sunmuştur.

Ulusal bildirimler; iklim değişikliği karşısında mevcut durumu, sera gazı emisyon envanterini, politika ve önlemleri, iklim değişikliğinin etkileri ve uyum durumunu, sera gazı emisyonları azaltım hedeflerini, iklim değişikliğine karşı mücadele için küresel, bölgesel ve yerel ölçekte önlemleri, sera gazı emisyonları ve yutaklar ile ilgili ulusal koşulları içerirler. Bu kapsamda C yutak alanlarının ve bu yutak alanlarında depolanan C miktarının belirlenmesi gerekmektedir.

1.2.6. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi Yaklaşımları

Dünyada karbon depolama miktarlarının belirlenmesi küresel ve ulusal birçok veri kaynağına erişimle mümkündür. Kullanılan veri kaynağı ve içerik bakımından karbon havuzlarında depolanan karbon miktarının belirlenmesinde üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Yöntem 1, en basit yöntem olmakla birlikte küresel veri kaynaklarından elde edilmektedir. Çok az veriyle sonuçların ortaya konulabildiği bu yöntem, ulusal veriye sahip olunmadığı veya kısıtlı verinin bulunduğu zamanlarda uygulanabilir. Bu yöntemde genellikle IPCC ve FAO veri tabanı ve yöntemleri kullanılmaktadır. Yöntem 2, ilk yöntemle benzerlik göstermekte, ulusal düzeyde elde edilen veriler ve özel geliştirilmiş yöntemler kullanılmaktadır. Ülkemizde amenajman planlarında karbon depolama miktarları bu yöntemler doğrultusunda hesaplanmaktadır. Yöntem 3 ise kompleks yöntemler içerdiği için daha detaylı veri gerektirmektedir. Kullanılan yöntemler belli bir yöreye, türe, amaca veya ülkeye göre değişebilmektedir. Bu aşama düzenli olarak tekrarlanan kapsamlı alan örnekleme veya yaş sınıfı, üretim verileri, toprak verileri, arazi kullanımı ve faaliyet verileri vb. CBS tabanlı sistemleri içerebilmektedir (Ravindranath and Ostwald, 2008). Bu yöntemde kullanılacak veriler, oldukça kapsamlı zaman-emek yoğun çalışmalar sonunda elde edilmektedir. Ülkemizde birinci ulusal bildirim hazırlanmasında Yöntem 1 kullanılmış olup, o tarihten itibaren orman ekosistemlerinin değişik bileşenlerinde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmalarda ağırlıklı olarak Yöntem 2 kullanılmaktadır.

Yöntem 1 ve Yöntem 2 kullanılarak karbon havuzlarında tutulan karbon miktarının belirlenmesinde belirli katsayılar kullanılmaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin hazırlamış olduğu Arazi Kullanımı ile Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılık Rehberi (LULUCF-AKAKDO) karbon hesaplamalarında kullanılacak katsayılar ve izlenecek adımlar belirlemiştir. 2013 yılından itibaren ise hesaplamalarda Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı Rehberi (AFOLU) kullanılmaya başlanmıştır. Her iki rehberde belirli katsayılar yardımıyla bir orman ekosisteminin bileşenlerinde depolanan karbon miktarı hesaplanmaktadır. Orman envanterinde yer alan ağaç serveti ve artım değerleri bu katsayılar yardımıyla öncelikle biyokütleye dönüştürülür daha sonrasında bu biyokütle içindeki karbon depolama miktarı belirlenebilir.

LULUCF ve AFOLU rehberlerinde canlı bitkisel kütlerdeki karbon stoklarını, yıllık karbon birikimlerini ve ormandan uzaklaştırılan karbon miktarını hesaplamada kullanılan katsayılar Tablo 2’de verilmiştir (IPCC, 2003; IPCC, 2006).

Tablo 2. LULUCF ve AFOLU Rehberleri Katsayıları

LULUCF		AFOLU	
Simge	Açıklama	Simge	Açıklama
WD	Hacim ağırlığı (t/m ³)	BCEF₁	Yıllık net kabuklu hacim artımını toprak üstü kütleyle dönüştürme ve genişletme katsayısı (t/m ³)
BEF₁	Yıllık net hacim artımından (kabuk dahil) kaynaklanan odun kütlesi artımını toprak üstü kütleyle genişletme katsayısı (boyutsuz)	BCEFs	Kullanılabilir kabuklu gövde odunu hacmini toprak üstü kütleyle dönüştürme ve genişletme katsayısı (t/m ³)
BEF₂	Kullanılabilir kabuklu gövde odunu kütlesini toprak üstü kütleyle genişletme katsayısı (boyutsuz)	BCEFR	Hasat kayıpları dahil olmak üzere kullanılabilir kabuklu gövde odunu hacmini toprak üstü kütleyle dönüştürme ve genişletme katsayısı (t/m ³)
R	Kök/Sak oranı (boyutsuz)	R	Kök/Sak oranı (boyutsuz)
fBL CF	Bitkisel kütlede ormanda çürümeye bırakılan kısmı (boyutsuz) Karbon oranı (0,50)	CF	Karbon oranı (İbreliler için 0,51, yapraklılar için 0,48)

Türkiye imzalamış olduğu İDÇS kapsamında ormanlarda depolanan karbon miktarını hesaplamak zorundadır. Bunun için yapılan çalışmalar Tarım ve Orman Bakanlığı özelindedir. Ülkemiz ormanlarında depolanan karbon miktarı, orman alanlarını oluşturan iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türleri için geliştirilen katsayılardan yararlanılarak hesaplanmıştır. FRA-2010 Kılavuzu’nda bozuk alanlar da hesaplamalara dahil edilmiştir. “Türkiye’de Artım ve Ağaç Servetinden Bitkisel Kütle ve Karbon Miktarlarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Katsayılar” adlı çalışma Tolunay (2013) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yapılan bitkisel kütle çalışmaları yeniden değerlendirilerek LULUCF ve AFOLU rehberlerinde kullanılan katsayıların güncellenmesi amacıyla BEF₁

ve BEF₂ katsayıları yeniden belirlenmiştir. Yapraklı türler için, BEF₁ katsayısı 1.310, BEF₂ katsayısı 1.326 olarak belirlenmiştir. İbrelili türler için ise BEF₁ katsayısı 1.212, BEF₂ katsayısı 1.262 olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Karbon depolama miktarları belirlenirken kullanılan katsayılar ve hesaplama yöntemi (FRA 2010)

Karbon Havuzu	Ağaç türü	Hesaplama Yöntemi ve Katsayılar	
		Verimli Orman	Bozuk Orman
Toprak Üstü Biyokütle (TÜB)	İbrelili	DGH x 0,496 x 1,22	DGH x 0,496 x 1,22
	Yapraklı	DGH x 0,638 x 1,24	DGH x 0,638 x 1,24
Toprak Altı Biyokütle (TAB)	İbrelili	TÜB x 0,29	TÜB x 0,40
	Yapraklı	TÜB x 0,24	TÜB x 0,46
Toprak Üstü Karbon (TÜK)	İbrelili	TÜB x 0,51	TÜB x 0,51
	Yapraklı	TÜB x 0,48	TÜB x 0,48
Toprak Altı Karbon (TAK)	İbrelili	TAB x 0,51	TAB x 0,51
	Yapraklı	TAB x 0,48	TAB x 0,48
Ölü Odunda Karbon	İbrelili	TÜK x 0,01	TÜK x 0,01
	Yapraklı	TÜK x 0,01	TÜK x 0,01
Ölü Örtüde Karbon	İbrelili	A ₁ x 22	A ₃ x 6
	Yapraklı	A ₂ x 13	A ₄ x 2
Toplam Karbon		TÜK + TAK + Ölü odunda karbon + Ölü örtüde karbon	

A₁ : İbrelili ve verimli orman alanı

A₂ : Yapraklı ve verimli orman alanı

A₃ : İbrelili ve bozuk orman alanı

A₄ : Yapraklı ve bozuk orman alanı

DGH(m³): Dikili Gövde Hacmi

1.3. Çalışmanın Amacı

Başta İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması olmak üzere Türkiye'nin de bir parçası olduğu küresel ölçekli birçok çalışma ile karbon salımının azaltılması hedeflenmiştir. Bu çalışmalar kapsamında taraf olan ülkeler sera gazı salımlarını azaltmak ve ormanlarda depoladığı karbon miktarını bildirmek zorundadır (Mısır vd., 2019).

Ormanlık alanlarda karbon depolama miktarlarının belirlenebilmesi için bir çok çalışma yapılmıştır. Özellikle sarıçam (*Pinus sylvestris*), kızılçam (*Pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*) ağaç türleri üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Doğu ladini (*Picea orientalis*) ağaç türü için (Mısır ve ark., 2012; Özkaya, 2004; Bülbül, 2012), Göknar (*Abies*) ağaç türü için (Mısır ve ark., 2012) karbon depolama miktarlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ağaç türü bazında yapılan çalışmaların yanında; Polat ve ark. (2011) tarafından küresel ısınmada ormanların karbon tutumuna etkisi ele alınmış, Asan (2011), Türkiye ormanlarındaki yıllık karbon stok değişimini incelemiş, Mısır ve ark. (2011), karbon depolama kapasitesinin belirlenmesini amaç edinmiştir. Tolunay (2011; 2013), Tolunay ve Çömez (2008) ise Türkiye'nin orman ekosistemlerinde depolanan karbon stok değerlerini ve canlı ağaç bitkisel kütledeki karbon miktarını hesaplamayı amaçlamıştır. Ayrıca uzaktan algılama yöntemleriyle uydu görüntüleri kullanılarak karbon depolama miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla Mısır ve ark., (2011), Gülsunar (2011), İnce (2011), Bulut (2012) tarafından çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Orman alanlarında depolanan karbon miktarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda genellikle dönüştürme katsayılarının kullanıldığı görülmektedir. Dönüştürme katsayıları ile önce gövde hacmi biyokütleyle dönüştürülmekte, sonrasında ise bu biyoküttele depolanan karbon miktarı yine belli katsayılar yardımıyla elde edilmektedir.

Son yıllarda ise daha kapsamlı araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Ancak yapılan bu araştırmalar kapsam bakımından incelendiğinde; bir kısmı sadece toprak üstü biyoküttele bir kısmı sadece toprak altı biyoküttele ya da toprakta depolanan karbon miktarının belirlenmesi üzerinedir. Toprak üstü biyoküttele depolanan karbon miktarının belirlenmesinin hedeflendiği araştırmalarda ise genellikle toprak üstü bileşenlerin (canlı

ağaç, diri örtü, ölü örtü, ölü odun) ayrı ayrı ele alındığı görülmektedir. Ayrıca gerek toprak üstü gerek toprak altı gerekse toprakta tutulan karbonun belirlenmesine yönelik çalışmaların tamamına yakını saf meşcerelerde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada saf karaçam meşcereleri ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde toprak üstü, toprak ve toprak altı biyokütlede depolanan karbon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kapsamlı araştırmaları içeren Yöntem 3'ün kullanılarak hem saf karaçam hem de karaçam-kızılçam karışık meşcereleri üzerinde karbon tutumunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Toprak üstü bileşenleri (canlı ağaç, diri örtü, ölü örtü, ölü odun) ayrı ayrı ele alınmış canlı ağaç karbon modelleri geliştirilmeye çalışılmış ve bunun yanında toprak ve toprak altı (kök) bileşenleri ile birlikte ekosistem bazında depolanan karbon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Bu çalışmada, saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinin bir arada bulunduğu Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, Gediz Orman İşletme Müdürlüğü araştırma alanı olarak seçilmiştir.

Gediz Orman İşletme Müdürlüğü; Ege Bölgesinin iç kısmında yer almaktadır. Doğudan Kütahya Orman İşletme Müdürlüğü; Kuzeyden Emet Orman İşletme Müdürlüğü; Batıdan Simav Orman İşletme Müdürlüğü; Güneyden Denizli Orman Bölge Müdürlüğü ile komşudur. Gediz Orman İşletme Müdürlüğü 29° 04' 26" - 29° 46' 02" Doğu Boyamları ile 38° 47' 20" - 39° 11' 44" Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır. Gediz Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki ormanlar, genel olarak hem Ege hem de İç Anadolu ikliminin bazı özelliklerini göstermektedir. Ancak İç Anadolu ikliminin özellikleri kendini daha fazla hissettirmekte olup iklim Ege iklimine kıyasla daha sert geçmektedir.

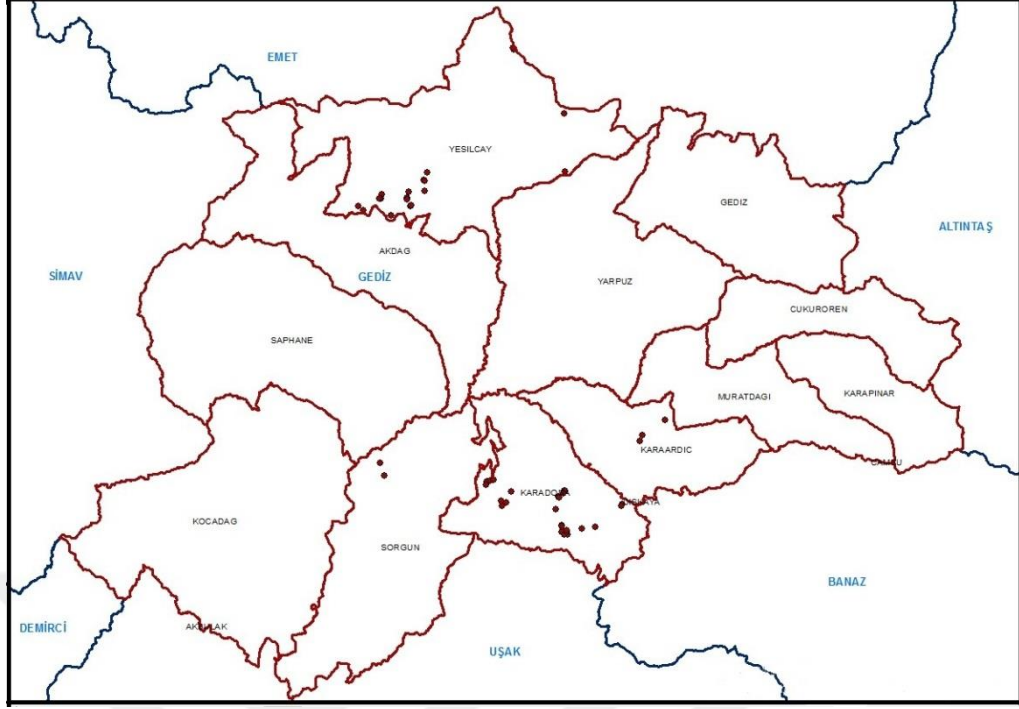
Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğü 1955 yılında kurulmuş olup, Kütahya İli Gediz İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. 143.710 hektar sorumluluk alanına sahip Orman İşletme Müdürlüğünün %54'ü (77.602 hektar) ormanlık alan, %46'sı (66.108 hektar) orman dışı alandan oluşmaktadır. Ormanlık alanın %70'i (53.957 hektar) normal kuru, %30'ü (23.645 hektar) boşluklu kapalı orman niteliğindedir.



Şekil 2. Gediz Orman İşletme Müdürlüğü İşletme Şeflikleri

Gediz Orman İşletme Müdürlüğü, arazi çalışmaları gerçekleştirilirken Gediz, Yeşilçay, Şaphane, Çukurören, Muratdağı ve Karadona olmak üzere toplam 6 adet İşletme Şefliğinden oluşmaktaydı. Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) Orman İşletme Şeflik alanlarını küçültmeye yönelik çalışmasının ardından Gediz Orman İşletme Müdürlüğü 12 adet Orman İşletme Şefliği'ne ayrılmıştır. Dolayısıyla çalışma alanı olarak belirlenen Karadona, Yeşilçay ve Muratdağı İşletme Şeflikleri de OGM'nin bu uygulamasından sonra Yeşilçay, Karadona, Sorgun ve Karaağaç olarak değişmiştir (Şekil 2).

Araştırma konusu saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinden farklı bonitet, farklı yaş sınıfı, farklı çağ ve farklı kapalılık derecelerinden olabildiğince eşit sayıda ve tüm alanı temsil edecek şekilde toplam 53 adet örnek alan belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma Alanı Kapsamında Örnek Alanların Dağılımı

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğü kapsamında yaş, çağ, yetiştirme ortamı verim gücü, meşcere tipi, kapalılık değerleri dikkate alınarak seçilmiş olan 53 adet örnek alanın 39 adedi saf karaçam, 14 adedi karaçam-kızıldağ karışık meşcerelerinden alınmıştır. Örnek alanların meşcere tiplerine dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Örnek Alanların Meşcere Tiplerine Göre Dağılımı

Meşcere Tipi	Örnek Alan Sayısı	Meşcere Tipi	Örnek Alan Sayısı
Çka3	5	Çkcd2	5
Çkab3	3	Çkd2	1
Çkb3	2	ÇkÇza3	1
Çkbc1	3	ÇkÇzab3	5
Çkbc2	4	ÇkÇzbc2	2
Çkbc3	4	ÇkÇzbc3	1
Çkc2	3	ÇkÇzc2	1
Çkc3	8	ÇkÇzc3	2
Çkcd1	1	ÇkÇzcd2	2
Toplam	33	Toplam	20
		Genel Toplam	53

3 farklı kapalılık derecesine göre seçilen saf karaçam ve karaçam-kızılcım karışık meşcerelerinden alınan örnek alanlar Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Örnek Alanların Kapalılık Derecelerine Göre Dağılımı

Kapalılık	Saf Karaçam	Karaçam-Kızılcım	Genel Toplam
1	4		4
2	13	5	18
3	22	9	31
Genel Toplam	39	14	53

Mevcut Amenajman planında yer alan 5 adet bonitet sınıflandırması esas alınmamış bunun yerine çalışmanın başlangıcında, iyi (I. ve II. bonitetler), orta (III. bonitet) ve kötü (IV. ve V. bonitetler) olmak üzere 3 bonitet sınıfı oluşturulmuş ve örnek alanların dağılımı bu yeni sınıflandırmaya göre yapılmıştır. Örnek alanların bu bonitet sınıflarına dağılımı Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Örnek Alanların Bonitet Sınıflarına Göre Dağılımı

Bonitet	Saf Karaçam	Karaçam-Kızılcım	Genel Toplam
İyi (I-II)	9	1	10
Orta (III)	16	6	22
Kötü (IV-V)	14	7	21
Genel Toplam	39	14	53

Her yaş sınıfından olabildiğince eşit sayıda örnek alan alınmasına özen gösterilmiş olup yaş sınıflarına dağılımı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Örnek Alanların Yaş Sınıflarına Göre Dağılımı

Yaş Sınıfı	Saf Karaçam	Karaçam-Kızılçam	Genel Toplam
1	5	2	7
2	7	2	9
3	6	3	9
4	6	2	8
5	8	2	10
5+	7	3	10
Genel Toplam	39	14	53

2.2. Yöntem

Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları toprak üstü, toprak ve toprak altı olarak üç grupta incelenmektedir (IPCC, 2006). Toprak üstü biyokütle; otsu ve odunsu tüm canlı bitkilerin gövde, dal, yaprakları ile ölü örtü ve ölü odundan oluşmaktadır. Ölü odun, bitkilerin ölü örtüye dahil olmayan 2.5 cm'den büyük kalınlıktaki dikili ya da yatık ölü odun, kütük ve kök kısımlardan oluşmaktadır. Ölü örtü ise ölü odundan daha ince çaptaki mineral toprağa kadar bulunan ölü bitki kısımlarını kapsamaktadır. Toprak altı biyokütlesini ise kök oluşturmaktadır. Toprak altında bulunan kökler 3 adet çap sınıfına (kalın, ince, kılcal) göre ayrılır. Bu sınıflandırmada çapı 0-2 mm arasında olan kökler kılcal kök, çapı 2-5 mm arasında olan kökler ince kök ve çapı 5 mm ve üzerinde olan kökler ise kalın kök olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Havuzları ve Temel Bileşenleri

Karbon Havuzu		Bileşenler
Toprak Üstü	Canlı Ağaçlar	Gövde Odunu, Dal, Yaprak, Kabuk
	Diri Örtü	Otsu ve Odunsu bitkiler
	Ölü Örtü	Dal, yaprak, tohum, kozalak, vb. her türlü döküntü ile çapı 2.5 cm.den küçük ölü odunsu kalıntılar
	Ölü odun	Ölü örtü ya da canlı gövdeler dışında dikili yada devrik haldeki ölü ağaçlar ile çapı 2.5 cm.'den daha kalın yüzeyde yatan döküntü, ölü kök ve odunları içerir.
Toprak		
Toprak Altı	Kökler	Kılcal kök (0-2 mm) İnce kök (2-5 mm.) Kalın kök (d>5 mm)

Toprak üstü, toprak ve toprak altı biyokütlede depolanan karbon miktarının hesaplanabilmesi için ilgili ağaç türlerinin bulunduğu farklı yetiştirme ortamı verim gücünden, farklı yaş sınıflarından, her gelişme çağı ve kapalılık derecesinden uygun meşcereler seçilerek örnek alanlar alınmıştır. Belirlenen örnek alanlara gidilerek toprak üstü, toprak ve toprak altı karbon havuzunu oluşturan ağaç (gövde, dal, yaprak, kabuk), ölü örtü, diri örtü, ölü odun, toprak ve kök bileşenleri üzerinde gerekli ölçümler yapılmış ve örnekler alınmıştır.

Arazi çalışmalarında toplanan tüm örnekler gerekli kurutma, ölçüm ve analiz işlemlerinin yapılması amacıyla K.T.Ü. Orman Fakültesi Hasılat Laboratuvarı'na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler farklı sıcaklıklarda ve farklı zaman dilimlerinde kurutma fırınında bekletilerek fırın kurusu hale getirilmiştir. Fırın kurusu hale getirilen ve ağırlıkları kaydedilen örneklerin üzerinde gerekli tüm ölçüm ve işlemler yapıldıktan sonra makas ve balta yardımıyla küçültülmüş ve öğütülerek toz hale getirilmiştir.

Bileşenlerin içerdikleri karbon miktarının belirlenmesi işlemi K.T.Ü. Orman Fakültesi Hasılat Laboratuvarında bulunan COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz Cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Kuru yakma yöntemine göre çalışan cihaz iki kısımdan oluşmaktadır. Sağ fırın, indirgeme reaktörleri bulunan ve yüksek sıcaklıkta (1030 °C'de) yakmanın gerçekleştiği kısımdır. Sol fırın, yanma sonucunda oluşan dumanda seçilen elementin miktarının belirlendiği GC (gas chromatography) ayırışma kolonu bulunmaktadır (Şekil 4).

CHNS-O Elementel Analiz Cihazı, atmosferik azot % 99.9 saflıkta helyum ve oksijen gazları katalizörlüğünde; N, CN, CHN, CNS, CHNS gibi farklı konfigürasyonlarda analizler yapabilmektedir. Analiz yapılırken seçilen konfigürasyon analizin süresini belirlemektedir. Bu süre ise 4 dakika ile 30 dakika arasında değişebilmektedir. Bu çalışmada biyokütle bileşenlerinin içindeki karbon miktarının belirlenmesi amaçlandığından CN konfigürasyonu kullanılmıştır.

Toz haldeki örnekler 0,5-1,0 mg ağırlığında ve 2 tekrarlı olacak şekilde kapsüller içerisine koyularak karbon analizi için hazırlanmıştır. Örneklerin sırasıyla karbon cihazı içinde yanması sağlanarak içerdikleri karbon miktarları belirlenmiştir. Bilgisayar yazılımı yardımıyla kromotogramlar üzerinden anlık takip edilen analiz sonuçları ağırlık (mg) ve

yüzde (%) cinsinden elde edilmiştir. Böylece orman ekosisteminde tüm bileşenlere ilişkin karbon içerikleri belirlenmiştir.



Şekil 4. CHNS-O Elementel Analiz Cihazı

Saf karaçam ve karaçam-kızılcım karışık meşcerelerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, saf karaçam meşcereleri ve karaçam-kızılcım meşcereleri için ağaç karbon modelleri geliştirilmeye çalışılmıştır.

2.2.1. Toprak Üstü Biyokütlede Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Arazide yaş ağırlıkları üzerine etiketlenerek laboratuvara getirilmiş olan toprak üstü biyokütle bileşenleri (gövde odunu, kabuk, dal, ibre, ölü örtü, diri örtü ve ölü odun) fırın kurusu hale getirilmek üzere kurutma fırınında farklı sıcaklıklar ve farklı zaman dilimlerinde kurutulmuştur. Fırın kurusu hale getirilen örneklerin karbon analizleri yapılmış ve karbon depolama miktarlarına ilişkin elde edilen ortalama değerler yardımıyla modeller geliştirilmeye çalışılmıştır.

2.2.1.1. Canlı Ağaç Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Yerleri daha önceden tespit edilen örnek alanlarda meşcere yapısına göre belirlenen büyüklükte alanın sınırları işaretlenerek tüm ağaçlar numaralandırılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Örnek alan içinde bulunan tüm ağaçların çapları ölçülmüştür. Örnek alanı temsil eden ağaçlarda boy ve yaş ölçümleri yapılmıştır (Şekil 5).

53 adet örnek alanın 39 adedi saf karaçam, 14 adedi karaçam-kızılçam karışık meşçeresinden alınmıştır. Saf karaçam meşçerelerinden meşçere orta çapına yakın 39 adet karaçam, karaçam-kızılçam karışık meşçerelerinden ise 14 adet karaçam, 14 adet kızılçam olmak üzere toplam 28 örnek ağaç alınmıştır. Çalışmada toplam 67 adet örnek ağaç kesilerek ölçümler ve örneklemeler yapılmıştır.

Saf meşçerelerde 1 adet, karışık meşçerelerde ise her ağaç türünden 1'er adet örnek alanı temsil edecek şekilde seçilen örnek ağaçlar toprak seviyesinden kesilmiştir. Kesilen örnek ağaç üzerinde dip kısmından uç kısma doğru 0.30-1.30-3.30-5.30-7.30-... m olarak 2'şer metrelik seksiyonlarda çap ölçümü yapılmıştır. Ölçülen değerler yardımıyla seksiyon yöntemi ile ağaç hacimleri belirlenmiştir. Ağacın gövdesinde bulunan tüm dalların çap ve boyları ölçülerek dal hacimleri hesaplanmıştır (Şekil 6).

Örnek ağaç üzerindeki dallardan ağacın tepe yapısındaki dallanmayı temsil edecek şekilde bir dal "örnek dal" olarak seçilerek gövdeden ayrılmıştır. Örnek dalın tüm ibreleri dal üzerinden ayrılarak ibreler ve dal ayrı ayrı tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Ağaç gövdesini temsilen gövdenin ortasına denk gelen bir noktadan 3-5 cm kalınlığında gövde odunu alınarak arazide tartılarak yaş ağırlığı ölçülmüştür (Şekil 6).



Şekil 5. Örnek Alandaki ağaçların belirlenmesi



Şekil 6. Örnek Ağaç ve Ağaç Bileşenlerinin Alınması

2.2.1.1.1. Gövde Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Her bir ağacın orta noktasına denk gelen yerden alınan ve yaş ağırlığı arazide belirlenen gövde odunu örnekleri, fırın kuru ağırlıkları belirlenmek üzere laboratuvar ortamına getirilmiştir. Gövde odunu örnekleri $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 96 saat süre ile kurutma fırında bekletilmiştir (Şekil 7). Değişmez ağırlıkta olduklarından emin olmak için gövde odunu örnekleri ara sıra çıkartılarak tartılmıştır. Fırın kuru ağırlıkları tartılarak kabuklu fırın kuru ağırlık olarak kaydedilmiştir. Gövde odunu örnekleri üzerinde kurutma işleminden sonra birbirine dik iki yönde çap ve 4 ayrı yerden yükseklik ölçümleri yapılmıştır. Kabuk

kuru ağırlığını belirlemek amacıyla kabuklar gövde odunlarından ayrılarak tartılmıştır. Seksiyon yöntemi ile hesaplanan gövdenin toplam hacmi, gövde odunu örneğinin toplam hacmine oranlanmış ve bu oran ile gövde odununun yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın gövde yaş ağırlığı, fırın kurusu ağırlığı çarpılarak örnek ağacın fırın kurusu ağırlığı bulunmuştur.

Kabuklarından ayrılan gövde odunu balta, makas, keser ve bıçak yardımıyla küçültülmüş ve öğütülerek toz hale getirilmiştir (Şekil 8). Toz haline getirilen her bir gövde odunu örneği karbon analizi yapılmak üzere 0,5-1,0 mg arasında 2 tekrarlı olacak şekilde kapsüllere alınmış ve kapsüllerin K.T.Ü. Orman Fakültesi Hasılat Laboratuvar'ında bulunan Elementel Analiz Cihazı'nda yanması sağlanarak içerdikleri karbon değerleri ağırlık (mg) ve yüzde (%) cinsinden elde edilmiştir. Bu analizlerden elde edilen ortalama değerler kullanılarak daha önce hesaplanan tüm ağaç biyokütlesi içerisindeki karbon miktarı belirlenmiştir.

2.2.1.1.2. Kabuk Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Alınan gövde odunlarının fırın kurusu hale getirilmesinden sonra gövde odunundan ayrılan ve biyokütlesi belirlenen tüm kabuk örnekleri öğütmeye alınmış ve toz hale getirilmiştir (Şekil 8). Toz haldeki her bir kabuk örneği 0,5-1,0 mg ağırlıkları arasında 2 tekrarlı olacak şekilde cihaz için hazırlanmıştır. Hazırlanan kabuk örnekleri Elementel Karbon Analiz Cihazı'nda yakılmak suretiyle içerdikleri karbon miktarları elde edilmiştir.

2.2.1.1.3. Dal Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Örnek ağaç üzerinden tepe yapısını temsilen seçilerek gövdeden ayrılan örnek dal ibrelerinden ayrılarak yaş dal ağırlığı arazide belirlenmiştir. Arazide yaş ağırlığı belirlenen dal örnekleri fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi için $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 96 saat süre ile değişmez ağırlığa ulaşıncaya dek bekletilmiştir (Şekil 7). Örnek ağaç üzerinde çap ve boy değerleri ölçülen her bir dalın hacmi bulunmuş ve dal hacimleri toplanarak ağacın toplam

dal hacmi elde edilmiştir. Toplam dal hacmi ile örnek dal hacmi oranlanmış ve bu oranla örnek dalın fırın kurusu ağırlığı çarpılarak örnek ağacın dal kuru ağırlığı yani biyokütlesi elde edilmiştir.

Biyokütlesi belirlenen dal örnekleri öncelikle makas ve balta gibi gereçlerle ilgili örnekler küçültülmüş ve öğütmeye alınmıştır (Şekil 8). Öğütme sonunda her bir dal örneği için 0,5-1,0 mg ağırlığında 2 tekrarlı olacak şekilde Karbon Analiz Cihazı'nda içerdikleri karbon miktarları belirlenmiştir.

2.2.1.1.4. İbre Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Dal üzerinden ayrılarak yaş ağırlıkları kaydedilen ibre örnekleri $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 48 saat süre ile değişmez ağırlığa gelene dek kurutma fırınında kurutularak fırın kurusu ağırlıkları elde edilmiştir (Şekil 7). Gerekli dönüşümlerle tüm ağaç ibre biyokütle değeri belirlenmiştir.

Biyokütlesi belli olan ibre örnekleri karbon analizleri yapılmak üzere öğütülerek toz hale getirilmiştir (Şekil 8). Karbon analizi için uygulanan ağırlık değerleri 0,5 ile 1,0 mg arasında değişmekte olup örnekler de bu değerler arasında hazırlanmıştır. Tüm örnekler üzerinde 2 tekrarlı olacak şekilde karbon analizi yapılarak karbon içerikleri bulunmuştur.



Şekil 7. Örneklerin Fırın Kuru Hale Getirilmesi



Şekil 8. Örneklerde Küçültme ve Öğütme İşlemleri

Ağaç karbonu modellenirken ağaç türü esas alınmaktadır. Seçilen meşçereler üzerindeki ağaç türü karışımına bakılmaksızın meşçereden seçilen ve örnek alınan ağaç modelleme birimi olarak kullanılmıştır. Canlı ağacı oluşturan her bir bileşen için (gövde odunu, dal, ibre, kabuk) biyokütle ve bu biyokütlerde depoladıkları karbon içerikleri belirlendikten sonra saf karaçam meşçereleri için 1 adet, karaçam-kızılçam meşçereleri için her ağaç türünden 1'er adet olmak üzere toplam 3 adet canlı ağaç karbon modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Modellerin geliştirilmesinde Regresyon Analizi Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ağaç bileşenlerin karbon içerikleri bağımlı değişken, ağacın göğüs çapı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Analizler için SPSS 22.0 versiyonu kullanılmıştır (SPSS v.22.0, 2015).

2.2.1.2. Diri Örtü Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Diri örtü orman alanı içerisinde, meşcere yapısı altında yetişen her türlü otsu ve odunsu bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Ormanlık alanlarda depolanan karbon miktarının belirlenmesi çalışmalarında diri örtü, toprak üstü biyokütle bileşeni içerisinde değerlendirilmektedir. Bu çalışmada diri örtüde depolanan karbon miktarının belirlenmesi amacıyla örnek alanlarda örnek alanı temsilen yerleri belirlenen 2 adet 1x1 m boyutlarında alt örnekleme alanları alınmıştır. Alt örnekleme alanları içerisindeki tüm diri örtü yaş ağırlıkları kaydedilmiştir (Şekil 9). Arazide tartılıp yaş ağırlığı elde edilen diri örtü örnekleri biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi için laboratuvara taşınmıştır.



Şekil 9. Diri Örtü Örneklemesi

Laboratuvara getirilen diri örtü örnekleri fırın kurusu ağırlıkları belirlenmek üzere $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 48 saat süre ile kurutma fırınında değişmez ağırlığa gelene dek bekletilerek fırın kurusu hale getirilmiştir. Her örnek alan için alınan 2 adet diri örtü alt

örnekleme için belirlenen diri örtü fırın kurusu ağırlıklarından yola çıkarak hektardaki diri örtü biyokütle değerleri elde edilmiştir.

Laboratuvarında fırın kurusu halde bulunan diri örtü örnekleri karbon analizlerinin yapılabilmesi için öğütülerek toz hale getirilmiştir. İçerdikleri karbon miktarının belirlenmesi için, her bir örneğin 2 tekrarlı olacak şekilde COSTECH marka Elementel Analiz Cihazında analizi yapılmıştır. Bu 2 değerın ortalaması olarak örneğin içerdiği karbon miktarını belirlemiştir. Bu değerler yardımıyla diri örtü biyokütlesi içinde depolanan karbon miktarı hektarda ton olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3. Ölü Örtü Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Ölü örtü, orman alanı içerisindeki meşcerelerin alt tabakasında bulunan dal, ibre, kozalak, döküntü gibi materyallerin oluşturduğu çapı 2,5 cm den daha küçük olan ölü odunsu kalıntılardır. Örnek alan içinde rastgele yöntemle belirlenen 4 noktadan 25x25 cm boyutlarındaki örnekleme quadratları içinde kalan ölü örtü organik maddesi mineral toprağa kadar toplanmıştır (Şekil 10). Arazide toplanıp yaş ağırlıkları üzerine etiketlenen ölü örtü örnekleri, biyokütlesinde depoladığı karbon miktarının belirlenmesi amacıyla laboratuvara getirilmiştir. Ölü örtü örneklerinin biyokütlesinin bulunması için, kurutma fırınında $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat süre ile değişmez ağırlığa gelene dek kurutulmuştur. Elde edilen ölü örtü fırın kurusu değerlerden faydalanılarak çeşitli dönüşümler yapılmış ve hektardaki ölü örtü biyokütlesi bulunmuştur.



Şekil 10. Ölü Örtü Örnekleme

Biyokütlesi belirlenen ölü örtü örneklerini karbon analizine hazır hale getirmek için toz hale getirilmiştir. Her bir ölü örtü örneği 2 tekrarlı olarak COSTECH marka Elementel Analiz Cihazında analiz edilerek içerdiği karbon miktarı bulunmuştur. Bu iki değer ortalamasıyla örneğin karbon miktarından yola çıkılarak hektardaki ölü örtü karbon miktarı ton olarak elde edilmiştir.

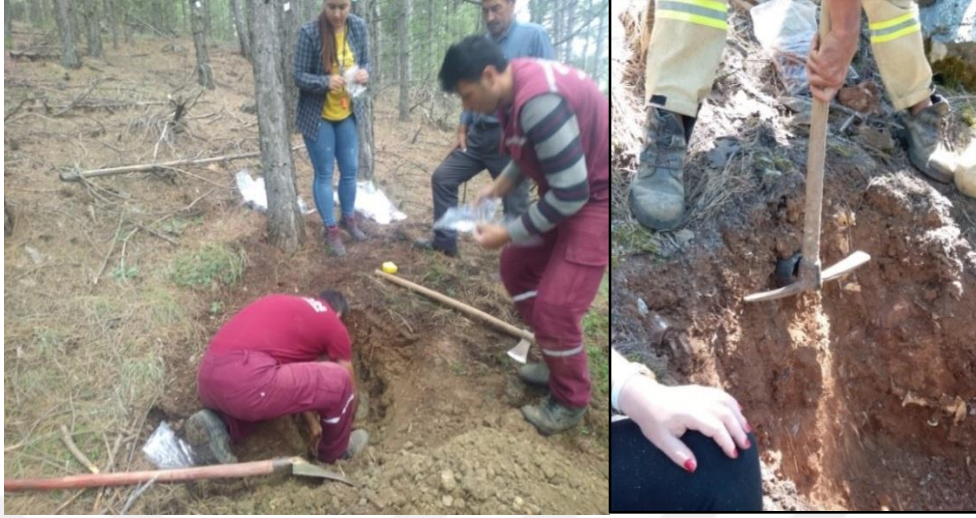
2.2.1.4. Ölü Odun Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Bitkilerin ölü örtüye dahil olmayan 2.5 cm'den daha kalın çaplı dikili ya da yatık ölü odun, dal, kütük ve kök kısımlardan oluşan ölü odun bileşeni yine örnek alan içerisinde yeri rastgele belirlenen ve örnek alanı temsil eden 1x1 m boyutlarındaki alt örnek alanlarda yapılmış, bu alan içerisine giren tüm ölü odunlar toplanarak tartılmış, poşetlenmiş ve ağırlıkları üzerlerine etiketlenmiştir.

Toplanan tüm ölü odun örnekleri biyokütle ve bu biyoküttelede depolanan karbon miktarları belirlenmek üzere laboratuvar ortamına getirilmiştir. Her bir ölü odun örneği kurutma fırınında $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat süre ile kurutulmuş, fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen fırın kurusu değerler yardımıyla hektardaki ölü odun biyokütle miktarı hesaplanmıştır. Ölü odun içerisindeki karbon miktarının belirlenmesi için, her bir örneğin 2 tekrarlı olacak şekilde COSTECH marka Elementel Analiz Cihazında analizi yapılmıştır. Bu 2 değer ortalaması örneğin içerdiği karbon miktarını belirlemiş ve bulunan değerler hektara dönüştürülmüştür.

2.2.2. Toprak Biyokütlesinde Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Değişik yaş ve yetiştirme ortamı verim gücünden (bonitet) seçilen saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşçerelerinden alınan toplam 53 örnek alanın tümünde toprak örnekleme yapılmıştır. Yukarıdan aşağıya doğru 0-10, 10-30 cm yüksekliklerindeki her kademeye toprak alma silindiri çakılarak toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 11). Alınan tüm toprak örnekleri poşetlenerek laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 11. Toprak Örnekleme

Toprak örnekleri laboratuvar ortamında 48 saat süre ile bekletilerek hava kurusu hale getirilerek tartılmıştır. Hava kurusu halde bulunan toprak örnekleri toprak öğütme havanlarında öğütülerek tamamen toz hale gelmesi sağlanmıştır. Toz haldeki örnekler karbon analizi yapılmadan önce $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 12 saat süre ile kurutma fırınında bekletilmiştir. Toprağın havadaki nemi tutma kapasitesi oldukça fazla ve hızlıdır, fırından çıktıktan hemen sonra karbon analizine alınması gerekmektedir. Bu sebeple her kademenin toprak örneği kurutma fırınından çıktıktan hemen sonra 2 tekrarlı olacak şekilde hiç bekletilmeden karbon analizine alınmıştır. Bu 2 değerın ortalaması toprak bileşeninin içerdiği karbon miktarını belirlemiş ve gerekli dönüşümler yapılarak hektardaki değerler elde edilmiştir.

2.2.3. Toprak Altı Bitokütlede Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

Toprak altı biyokütle bileşeni olan kök biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının belirlenebilmesi için değişik yaş, kapalılık ve bonitetten (yetiştirme ortamı verim gücü) belirlenen saf karaçam ve karaçam-kızılcık karışık meşcerelerinden alınan 53 örnek alanın hepsinde bir köşesi ağaca yakın olacak şekilde 1x1 m boyutlarında kök

çukuru açılmıştır. Açılan kök çukurunda 0-30 cm derinlik kademesindeki kök örnekleri toplanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Kök Örneklemesi

Örnek alanlardan alınan kök örnekleri laboratuvara getirilmiş ve üzerindeki toprak, çakıl, döküntü vb. materyallerden kurtulmak amacıyla 1-2 gün leğenlerde bekletilmiştir. Bekleyen kök örneklerinin tümünde öncelikle üzerindeki topraktan arındırılması ve tartımda doğru sonucu alabilmek için kök yıkama işlemi yapılmıştır (Şekil 13). Yıkanan köklerin tamamı serilerek hava kurusu hale getirilmiş sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Köklerin sınıflandırma işleminde 0-2 mm kılcal kök, 2-5 mm ince kök ve >5 mm kalın kök çap kademeleri esas alınmıştır (Şekil 14). Sınıflandırılmış kökler fırın kurusu ağırlıkları belirlenmeden önce hava kurusu ağırlıkları da tartılmıştır. 65 °C' de (kalın kök 48 saat, ince ve kılcal kök 24 saat) değişmez ağırlığa gelinceye kadar K.T.Ü. Orman Fakültesi Hasılat Laboratuvarı'nda bulunan kurutma fırınında kurutulan köklerin fırın kurusu ağırlıkları, 0.001 gr hassasiyetindeki terazide tartılarak kaydedilmiştir. Bu şekilde 1x1 m genişliğinde açılan kök çukurundan elde edilen veriler yardımıyla her örnek alanda 0-30 cm derinlik kademesi için kılcal, ince ve kalın kök miktarları belirlenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla gerekli dönüşümler yapılarak hektardaki kök biyokütlesi değerleri elde edilmiştir.



Şekil 13. Kök Örneklerinin 1-2 Gün Suda Bekletilip Yıkanması



Şekil 14. Kök Örneklerinin Kalın-İnce-Kılcal Kök Olarak Sınıflandırılması

Fırın kurusu ağırlıkları (biyokütleleri) belirlenen kök örnekleri karbon depolama miktarlarının belirlenmesi için ayrı ayrı öğütülerek toz hale getirilmiştir. Öğütülen kök örneklerinin karbon analizleri, 2 tekrarlı olacak şekilde Elementel Analiz Cihazında yapılmıştır. Kök kütlelerinin karşılık geldiği karbon miktarı elde edilerek hektara çevrilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalamasıyla kök bileşeninin içerdiği karbon miktarını belirlemiştir.

3. BULGULAR

3.1. Örnek Alanlara İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında seçilen toplam 53 örnek alanda gerekli ölçümler yapılarak meşcere yaşı, orta çapı, göğüs yüzeyi, yetiştirme ortamı verim gücü belirlenmiştir. Örnek alanların alındığı meşcerelerin orta çapları 3,4 - 40,3 cm arasında, göğüs yüzeyleri ise 1,43-89,32 m² arasında değişmektedir. Örnek alanlara ilişkin bilgiler Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Örnek Alanlara İlişkin Bilgiler

Örnek Alan No	Meşcere Tipi	Kapalılık	Bonitet	Yaş Sınıfı	Örnek Alan Büyüklüğü (m ²)	Karışım Durumu	Yaş (yıl)	Aritmetik Orta Çap (cm)	Göğüs Yüzeyi Orta Ağacının Çapı (cm)	Orta boy (m)	Üst Boy (m)	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)
1	Çkc3	3	3	2	400	Çk	86	29,1	29,8	16,1	17,5	48,71
2	Çkc2	2	2	5+	400	Çk	78	26,6	27,0	16,4	17,9	58,69
3	Çkc3	3	2	5	400	Çk	82	26,9	27,5	15,3	18,9	50,51
4	Çkc2	2	2	5	400	Çk	93	22,1	22,4	11,8	13,1	32,51
5	Çkcd2	2	2	4	600	Çk	103	33,9	34,6	17,1	19,1	48,71
6	Çkab3	3	2	2	400	Çk	30	17,5	18,2	10,1	12,5	28,49
7	Çkab3	3	2	2	400	Çk	52	19,5	20,1	12,4	14,7	24,68
8	Çkb3	3	3	3	400	Çk	38	17,8	18,9	9,8	11,3	24,48
9	Çkc3	3	1	5	400	Çk	96	31,7	32,2	18,2	21,2	61,16
10	Çkc3	3	1	5	400	Çk	96	28,2	28,8	17,4	20,0	45,56
11	Çkbc1	1	3	5	600	Çk	36	15,3	16,3	8,5	10,1	11,90
12	Çkbc1	1	3	5	600	Çk	40	16,8	18,4	8,2	8,9	14,58
13	Çkbc2	2	3	2	400	Çk	46	22,2	23,0	10,0	12,2	29,11
14	Çka3	3	3	1	400	Çk	27	11,4	12,1	7,7	9,7	13,32
15	Çkd2	2	3	5+	400	Çk	33	20,2	20,8	9,6	11,8	25,53
16	Çkc3	3	2	3	600	Çk	45	40,3	41,4	19,6	22,6	67,25
17	Çkbc3	3	3	4	400	Çk	57	24,5	25,1	10,2	12,1	40,92
18	ÇkÇzab3	3	2	2	400	Çk+Çz	16	9,6	9,8	6,2	7,6	7,20
19	ÇkÇzab3	3	2	3	400	Çk+Çz	18	8,5	9,3	6,3	7,7	9,00
20	Çka3	3	2	1	400	Çk	16	9,3	9,7	4,0	4,5	9,40
21	ÇkÇza3	3	2	1	400	Çk+Çz	16	9,3	9,6	4,5	6,1	9,43
22	ÇkÇzbc2	2	2	4	400	Çk+Çz	60	24,4	25,7	10,5	15,3	44,19
23	ÇkÇzbc3	3	1	3	400	Çk+Çz	50	28,5	29,9	12,2	15,5	56,31
24	Çkbc3	3	2	3	600	Çk	73	27,4	27,9	13,2	15,9	30,53
25	Çkab3	3	2	2	400	Çk	17	11,0	11,3	5,0	6,0	14,80
26	Çkcd1	1	2	5+	600	Çk	72	28,8	28,7	15,1	17,0	41,06

Tablo 9'un devamı:

Örnek Alan No	Meşcere Tipi	Kapalılık	Bonitet	Yaş Sınıfı	Örnek Alan Büyüklüğü (m ²)	Karışım Durumu	Yaş (yıl)	Aritmetik Orta Çap (cm)	Göğüs Yüzeysel Orta Ağacının Çapı (cm)	Orta boy (m)	Üst Boy (m)	Göğüs Yüzeysel (m ² /ha)
27	Çkc3	3	2	5	400	Çk	70	30,5	31,5	15,8	16,8	60,51
28	Çkcd2	2	2	5+	400	Çk	67	32,4	33,2	17,9	21,0	64,74
29	Çkbc1	1	1	5	600	Çk	34	15,3	15,7	6,2	7,1	14,56
30	Çkbc2	2	3	4	400	Çk	63	25,3	25,8	12,8	14,3	39,29
31	Çkbc2	2	1	4	400	Çk	64	21,6	22,1	12,1	14,9	28,82
32	Çkcd2	2	1	5+	600	Çk	71	30,7	31,5	16,2	18,4	38,97
33	Çkcd2	2	1	5+	400	Çk	73	28,1	28,7	12,7	14,2	50,22
34	Çkbc3	3	1	4	400	Çk	43	20,5	21,6	10,4	11,8	32,95
35	Çkbc2	2	3	3	400	Çk	36	22,6	23,5	8,8	10,6	35,84
36	Çkc2	2	2	4	400	Çk	64	37,4	38,3	19,5	21,4	89,32
37	Çkcd2	2	3	5+	400	Çk	73	3,4	33,1	15,3	17,5	64,50
38	Çkbc3	3	3	2	400	Çk	39	24,2	25,6	17,5	20,5	44,91
39	Çkb3	3	3	2	400	Çk	40	25,0	25,9	15,5	19,1	39,48
40	Çka3	3	3	1	400	Çk	8	3,4	4,0	1,6	2,6	1,43
41	Çkc3	3	1	3	400	Çk	54	26,7	27,0	17,1	19,9	44,24
42	Çkc3	3	1	3	600	Çk	63	27,9	28,8	16,3	18,5	38,97
43	Çka3	3	2	1	400	Çk	19	7,9	8,9	3,3	4,3	7,02
44	Çka3	3	2	1	400	Çk	7	4,8	5,5	2,2	4,0	2,64
45	ÇkÇzab3	3	3	1	400	Çk+Çz	20	12,0	12,5	6,9	9,7	15,68
46	ÇkÇzbc2	2	3	4	400	Çk+Çz	52	23,3	24,1	13,1	15,4	48,06
47	ÇkÇzab3	3	3	2	400	Çk+Çz	29	11,5	13,5	7,1	10,6	18,94
48	ÇkÇzab3	3	3	3	400	Çk+Çz	15	9,2	10,8	7,7	13,6	12,73
49	ÇkÇzcd2	2	3	5+	400	Çk+Çz	69	30,8	32,2	14,1	17,5	60,96
50	ÇkÇzcd2	2	3	5+	400	Çk+Çz	66	30,3	31,7	15,2	19,0	63,15
51	ÇkÇzc2	2	2	5+	400	Çk+Çz	70	23,7	25,3	16,0	21,5	39,11
52	ÇkÇzc3	3	2	5	400	Çk+Çz	68	26,7	27,4	14,4	16,8	48,82
53	ÇkÇzc3	3	3	5	400	Çk+Çz	76	29,7	30,4	15,5	20,5	58,08

3.2. Örnek Ağaçlara İlişkin Bulgular

Saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen arazi çalışmalarında, saf meşcerelerden örnek alanı temsil edecek şekilde bir adet (toplam 39 adet), karışık meşcerelerden ise karışıma giren her ağaç türünden birer adet (toplam 28 adet) olmak üzere toplam 67 adet örnek ağaç kesilerek ölçülmüş ve gerekli örneklemeler yapılmıştır. Örnek ağaçlara ilişkin bilgiler Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Örnek Ağaç Verilerine İlişkin Bilgiler

Örnek Ağaç No	Örnek Alan No	Meşcere Tipi	Ağaç Türü	Çap (cm)	Boy (m)	Yaş (yıl)	Hacim (m ³)
1	1	Çkc3	Çk	25,0	17,60	86	0,51301460
2	2	Çkc2	Çk	22,0	17,90	78	0,36572627
3	3	Çkc3	Çk	21,0	18,50	82	0,28297915
4	4	Çkc2	Çk	22,0	12,10	93	0,26941985
5	5	Çkcd2	Çk	22,0	14,90	103	0,25243662
6	6	Çkab3	Çk	11,5	7,70	30	0,05235100
7	7	Çkab3	Çk	19,0	13,70	52	0,20760503
8	8	Çkb3	Çk	13,0	10,70	38	0,08757871
9	9	Çkc3	Çk	28,0	20,80	96	0,64296733
10	10	Çkc3	Çk	22,0	19,00	96	0,35938674
11	11	Çkbc1	Çk	13,0	7,10	36	0,05333261
12	12	Çkbc1	Çk	18,0	8,60	40	0,12678082
13	13	Çkbc2	Çk	18,0	8,50	46	0,10600640
14	14	Çka3	Çk	12,0	8,70	27	0,04730421
15	15	Çkd2	Çk	19,0	8,50	33	0,12857253
16	16	Çkc3	Çk	30,0	19,45	45	0,80800017
17	17	Çkbc3	Çk	23,0	11,60	57	0,24117620
18	18	ÇkÇzab3	Çk	12,0	7,48	16	0,38715451
19	18	ÇkÇzab3	Çz	13,0	7,73	16	0,04675382
20	19	ÇkÇzab3	Çk	12,0	7,40	18	0,04605333
21	19	ÇkÇzab3	Çz	10,0	7,70	18	0,02758490
22	20	Çka3	Çk	11,0	4,20	16	0,02690898
23	21	ÇkÇza3	Çk	10,0	6,20	16	0,02802710
24	21	ÇkÇza3	Çz	9,0	5,70	16	0,02107071
25	22	ÇkÇzbc2	Çk	14,0	10,50	60	0,08817159
26	22	ÇkÇzbc2	Çz	23,0	13,10	60	0,32915168
27	23	ÇkÇzbc3	Çk	24,0	12,10	50	0,23666573
28	23	ÇkÇzbc3	Çz	20,0	11,74	50	0,19096760
29	24	Çkbc3	Çk	24,0	13,62	73	0,33222072
30	25	Çkab3	Çk	7,0	4,35	17	0,01022856
31	26	Çkcd1	Çk	30,0	16,60	72	0,55618795
32	27	Çkc3	Çk	30,0	16,40	70	0,56620500
33	28	Çkcd2	Çk	33,0	18,90	67	0,61977713

Tablo 10'un devamı:

Örnek Ağaç No	Örnek Alan No	Meşcere Tipi	Ağaç Türü	Çap (cm)	Boy (m)	Yaş (yıl)	Hacim (m ³)
34	29	Çkbc1	Çk	19,0	6,80	34	0,10343216
35	30	Çkbc2	Çk	30,0	13,20	63	0,43890939
36	31	Çkbc2	Çk	15,0	13,03	64	0,12997899
37	32	Çkcd2	Çk	23,0	16,19	71	0,29778330
38	33	Çkcd2	Çk	27,0	11,60	73	0,27679426
39	34	Çkbc3	Çk	18,0	11,10	43	0,15897043
40	35	Çkbc2	Çk	16,0	6,80	36	0,06748354
41	36	Çkc2	Çk	29,0	19,00	64	0,69066055
42	37	Çkcd2	Çk	32,0	15,70	73	0,60379551
43	38	Çkbc3	Çk	24,0	15,55	39	0,33634576
44	39	Çkb3	Çk	16,0	11,90	40	0,13461442
45	40	Çka3	Çk	2,8	2,55	8	0,00182168
46	41	Çkc3	Çk	21,5	13,25	54	0,24264430
47	42	Çkc3	Çk	21,5	14,90	63	0,28633274
48	43	Çka3	Çk	7,0	3,90	19	0,01099262
49	44	Çka3	Çk	3,0	2,60	7	0,00213133
50	45	ÇkÇzab3	Çk	13,0	6,00	20	0,04735735
51	45	ÇkÇzab3	Çz	15,0	8,40	20	0,08911374
52	46	ÇkÇzbc2	Çk	20,0	12,80	52	0,22083678
53	46	ÇkÇzbc2	Çz	19,0	8,80	52	0,14691013
54	47	ÇkÇzab3	Çk	17,0	7,83	29	0,10750448
55	47	ÇkÇzab3	Çz	11,0	5,90	29	0,03757795
56	48	ÇkÇzab3	Çk	7,0	6,70	15	0,01375662
57	48	ÇkÇzab3	Çz	10,0	7,05	15	0,02945424
58	49	ÇkÇzcd2	Çk	20,0	9,20	69	0,12689390
59	49	ÇkÇzcd2	Çz	26,0	13,87	69	0,28794266
60	50	ÇkÇzcd2	Çk	22,0	12,90	66	0,22918100
61	50	ÇkÇzcd2	Çz	19,0	9,68	66	0,11610164
62	51	ÇkÇzc2	Çk	18,0	8,90	70	0,10775720
63	51	ÇkÇzc2	Çz	18,0	10,76	70	0,11923058
64	52	ÇkÇzc3	Çk	22,0	12,94	68	0,24052556
65	52	ÇkÇzc3	Çz	30,0	14,37	68	0,43061182
66	53	ÇkÇzc3	Çk	18,0	10,30	76	0,11768720
67	53	ÇkÇzc3	Çz	15,0	8,80	76	0,06848863

3.3. Karbon Modellerine İlişkin Bulgular

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğüne saf karaçam (39 adet) ve karaçam-kızılçam karışık (14 adet) meşcerelerinden 53 farklı örnek alan ve bu örnek alanlardan alınan 67 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler yardımıyla saf karaçam meşcereleri ve karaçam-kızılçam meşcereleri için canlı ağaç karbon modelleri geliştirilmiştir.

3.3.1. Saf Karaçam Meşcerelerine İlişkin Bulgular

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğüne saf karaçam meşcerelerinden alınan 39 adet örnek alanda örnek alanı temsilen seçilen ağaç üzerinde gerekli ölçüm ve örnekleme yapılmış ve alan içerisinde diri örtü, ölü örtü, ölü odun, toprak ve kök örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler laboratuvara taşınmış ve gerekli ölçüm ve analizlere tabi tutularak biyokütle ve karbon içerikleri belirlenmiştir. Saf karaçam meşcerelerin için toprak üstü, toprak ve toprak altı biyokütlerde depolanan karbon miktarının belirlenebilmesi amacıyla modeller geliştirilmiştir.

3.3.1.1. Ağaç Bileşenine İlişkin Bulgular

Saf karaçam meşcerelerinden kesilen 39 adet karaçam ağacı üzerinde gövde odunu, dal, ibre ve kabuk bileşenlerine yönelik örnekleme yapılmıştır. Örnekler laboratuvarında belirli işlemlerden geçirilmiş ve ağaç bileşenlerinin biyokütle ve biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarları belirlenmiştir (Tablo 11). Bu değerler yardımıyla karaçam için karbon modeli geliştirilmiştir.

Tablo 11. Saf Karaçam Meşcerelerindeki Karaçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri

Örnek Ağaç No	Karbon İçerikleri				ΣC (kg)
	Dal (%)	İbre (%)	Gövde Odunu (%)	Kabuk (%)	
1	49,4	46,8	46,0	50,5	104,66
2	52,1	47,5	49,3	49,3	143,52
3	50,0	49,7	47,8	50,0	39,08
4	52,2	50,1	47,6	51,7	59,62
5	51,8	49,1	47,5	52,7	50,11
6	51,5	49,0	50,7	50,6	13,93
7	50,5	48,3	48,9	51,5	43,41
8	52,5	51,2	49,1	51,6	21,42
9	50,2	48,6	48,6	49,7	133,54
10	51,2	48,8	47,7	49,2	83,85
11	53,2	48,9	47,1	49,6	9,72
12	49,6	48,7	48,2	50,5	32,90
13	52,1	49,0	47,7	50,5	20,52
14	51,4	51,0	48,8	51,8	9,62
15	51,9	50,0	40,0	50,9	24,25
16	50,2	48,6	48,0	50,8	186,36
17	51,8	49,4	47,8	50,7	48,27
22	53,3	55,8	47,5	50,8	7,54
29	50,5	49,9	48,3	49,1	67,25
30	50,2	51,2	46,8	49,5	3,70
31	51,0	49,8	51,7	51,6	241,72
32	62,2	50,0	48,4	50,4	126,20
33	48,8	49,7	48,1	49,7	178,69
34	50,4	51,1	46,9	45,8	31,80
35	50,1	50,2	48,2	52,0	109,86
36	51,3	50,3	49,1	51,9	30,95
37	51,0	50,1	48,8	50,5	76,12
38	49,9	49,2	48,4	50,8	64,73
39	51,6	57,5	47,8	51,3	36,16
40	54,9	49,3	47,0	51,1	19,39
41	50,6	50,6	48,0	49,0	143,50
42	50,4	39,2	48,9	51,1	150,81
43	50,5	50,0	48,9	50,3	83,93
44	51,1	51,0	48,2	50,5	34,60
45	48,5	50,4	47,6	50,2	2,82
46	50,5	50,2	46,8	51,0	62,06
47	51,1	49,7	40,1	50,1	70,78
48	50,6	49,1	47,7	52,4	3,78
49	47,2	49,0	47,3	50,9	1,40

Tablo 11'deki veriler yardımıyla Gediz Orman İşletme Müdürlüğü saf karaçam meşcereleri için her bir ağacın depoladığı karbon miktarı ile göğüs çapları ilişkiye getirilerek karaçam ağaç karbon modeli geliştirilmiştir (1).

$$\text{Ağaç Karbonu} = 1.774x1.1649^d \quad (R^2=0,931, S_{yx}=0,332, F=487, P<0,001) \quad (1)$$

Bu modelde d, göğüs çapını ifade etmektedir. Modelin belirtme katsayısı 0,931, standart hatası 0,332 ve F değeri 487 olup 0,05 önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur.

3.3.1.2. Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Saf karaçam meşcerelerinde arazi çalışmalarıyla her örnek alanda meşcereyi temsil edecek şekilde seçilen 2 farklı yerden alınan 1x1 m boyutundaki alt örnekleme alanlarından toplanan toplam 78 adet diri örtü örneği, laboratuvara taşınarak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiş ve gerekli ölçüm ve dönüşümlerle biyokütleleri belirlenen örnekler toz hale getirilerek karbon analizleri yapılmıştır. Diri örtü karbon analiz sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

3.3.1.3. Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Saf karaçam meşcerelerinde belirlenen her örnek alan içinde yeri rastgele yöntemle seçilen 4 farklı yerden 25 x 25 cm boyutundaki quadrat yardımıyla toplam 156 adet ölü örtü örneği laboratuvara getirilerek kurutma fırınında kurutularak biyokütleleri belirlenmiş ve toz hale getirilip karbon analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen ölü örtü karbon analiz sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

3.3.1.4. Ölü Odun Bileşenine İlişkin Bulgular

Ölü odun biyokütlesinin belirlenmesi amacıyla, saf karaçam meşcerelerinde 39 örnek alandan 1x1 m alt örnekleme alanları kullanarak her örnek alandan 1 adet olmak üzere

toplam 39 adet ölü odun örneği alınarak laboratuvara getirilmiş, kurutma fırınında kurutularak biyokütle değerleri bulunmuştur. Gerekli ölçüm ve dönüşümleri yapılan örnekler toz hale getirilip karbon analizleriyle biyokütlelerinde barındırdıkları karbon içerikleri elde edilmiş ve bulunan değerler Tablo 12’te verilmiştir.

Tablo 12. Saf Karaçam Meşcerelerinde Diri Örtü, Ölü Örtü ve Ölü Odun Karbon İçerikleri

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)			Karbon Miktarları (ton/ha)		
	Diri Örtü	Ölü Örtü	Ölü Odun	Diri Örtü	Ölü Örtü	Ölü Odun
1	44,8	22,8	50,5	0,10	8,49	1,18
2	48,0	29,7	49,5	0,12	34,31	3,33
3	46,4	39,3	53,6	0,06	13,21	1,62
4	45,7	39,2	49,9	0,07	14,44	0,86
5	43,8	43,0	49,8	0,26	13,13	0,68
6	45,6	23,4	48,6	0,08	4,95	1,90
7	46,5	30,0	48,3	0,06	3,99	0,63
8	42,1	42,8	48,0	0,08	7,37	0,58
9	46,2	23,1	48,7	0,03	4,56	0,39
10	44,9	28,7	49,1	0,05	5,27	1,12
11	45,7	39,1	51,2	0,10	6,27	0,95
12	49,7	37,2	49,8	0,05	6,97	1,11
13	45,4	45,7	49,5	0,06	5,83	1,31
14	45,4	44,3	49,3	0,04	5,38	1,33
15	43,3	48,6	50,3	0,03	6,98	0,66
16	38,4	47,0	49,3	0,03	4,87	1,24
17	46,6	48,3	47,9	0,04	6,97	0,60
20	46,7	45,3	48,9	0,07	6,30	0,47
24	48,9	43,6	48,8	0,14	7,77	1,84
25	48,9	36,0	49,6	0,21	1,13	0,34
26	46,7	45,2	46,0	0,07	15,98	1,40
27	44,9	45,6	49,9	0,14	9,36	1,82
28	46,8	45,1	49,9	0,12	5,59	1,74
29	49,3	48,6	49,2	0,02	3,20	0,48
30	48,9	43,4	49,6	0,01	1,70	0,72
31	45,6	48,3	48,3	0,02	3,03	0,71
32	45,2	35,3	50,4	0,02	1,56	0,65
33	43,9	37,4	50,1	0,04	2,46	0,55
34	38,5	48,6	49,4	0,01	3,17	0,73
35	46,5	48,7	53,5	0,01	3,10	0,42
36	48,5	41,6	50,1	0,24	10,00	0,65
37	48,8	44,2	49,7	0,08	8,30	0,72
38	46,6	45,0	48,3	0,13	6,33	3,26
39	39,0	23,4	50,0	0,03	2,20	2,55
40	46,7	28,0	46,1	1,52	2,38	1,26
41	46,9	43,8	49,9	0,17	4,65	0,75
42	49,0	23,5	47,3	0,18	2,41	1,67
43	46,8	29,5	49,9	0,83	3,51	0,75
44	45,9	39,1	52,2	0,23	2,76	1,36

Saf karaçam meşcereleri için diri örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 142,71 kg/ha, ölü örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 6663,54 kg/ha ve ölü odunda depolanan karbon miktarı ortalama 1136,11 kg/ha olarak belirlenmiştir.

3.3.1.5. Toprak Bileşenine İlişkin Bulgular

Saf karaçam meşcerelerinde 39 örnek alanda 1x1 m genişliğinde açılan toprak profilinden yapılan toprak örneklemeyle laboratuvara getirilen tüm toprak örnekleri bazı işlemlerden geçirilmiş, ölçüm ve analizlerle belirlenen toprak biyokütlesi ve biyokütlesinde depolanan karbon miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 13. Saf Karaçam Meşcerelerinde Toprak Karbon İçeriği

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)		Karbon Miktarları (ton/ha)	
	Toprak (0-10 cm)	Toprak (10-30 cm)	Toprak (0-10 cm)	Toprak (10-30 cm)
1	1,0	0,9	1,09	0,81
2	1,3	1,2	2,04	1,52
3	1,3	1,1	1,51	1,50
4	1,6	1,4	3,10	2,80
5	1,4	1,3	1,92	2,08
6	1,6	1,2	2,64	2,56
7	1,7	1,4	2,10	3,27
8	1,7	1,5	2,06	2,49
9	1,4	1,3	1,59	3,01
10	1,6	1,5	2,70	3,63
11	1,4	1,2	2,10	1,78
12	1,7	1,2	2,30	1,67
13	1,7	1,0	2,33	1,90
14	1,7	1,3	1,98	1,83
15	1,5	1,3	1,62	2,28
16	2,0	1,6	1,75	2,09
17	1,3	1,3	1,33	1,82
20	1,9	1,4	4,87	3,22
24	1,3	1,5	1,53	1,99
25	2,0	1,4	2,07	1,90
26	1,8	1,5	2,43	1,95
27	2,0	1,7	2,01	2,02
28	1,8	1,9	1,74	1,83
29	1,7	1,2	1,78	1,51
30	1,8	1,2	2,16	1,39
31	1,6	1,5	1,53	1,77
32	1,8	1,5	1,87	2,73
33	1,7	1,2	1,84	1,31
34	1,8	1,6	2,01	1,97
35	1,8	1,5	1,52	1,40
36	1,7	1,5	1,82	1,45
37	1,4	1,5	1,25	1,56
38	1,5	1,0	2,13	1,32
39	1,7	1,5	2,06	1,73
40	1,6	1,3	2,39	2,46
41	2,1	1,8	2,52	2,51
42	1,8	1,2	1,63	1,58
43	1,7	1,5	2,25	1,93
44	1,9	1,6	2,53	1,94

Saf karaçam meşcerelerinde toprakta depolanan karbon miktarı 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama 2053,42 kg/ha, 10-30 cm derinlik kademesinde ise ortalama 2012,81 kg/ha olarak belirlenmiştir.

3.3.1.6. Kök BileŖenine İliŖkin Bulgular

Saf karaçam meŖcerelerinde 39 örnek alanda kök çukuru yöntemi ile yapılan kök rneklemesiyle laboratuvara getirilen tüm kök önekleri bazı iŖlemlerden geirilmif, sınıflandırmaları ve ölçümleri yapılmıŖtır. Yapılan iŖlemler sonucunda kök biyokütlesi ve kök biyokütlesinde depolanan karbon miktarları belirlenmeye alıŖılmıŖtır.

Saf karaçam meŖcerelerinde 39 adet örnek alanda uygulanan kök çukuru yöntemi ile her açılan çukurdan alınan kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (5 mm den daha fazla) kökler biyokütle ve biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarlarının belirlenebilmesi için ölçüm ve iŖlemlerden geirilmifdir. Elde edilen karbon analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiŖtir.

Tablo 14. Saf Karaçam Meşcerelerinde Kök Karbon İçeriği

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)			Karbon Miktarları (ton/ha)		
	0-30 cm			0-30 cm		
	Kalın Kök	İnce Kök	Kılcal Kök	Kalın Kök	İnce Kök	Kılcal Kök
1	53,9	52,7	53,8	41,28	1,89	0,75
2	54,3	55,1	51,7	63,01	1,13	1,20
3	55,1	54,6	51,9	57,66	3,10	0,95
4	55,7	56,7	51,7	5,62	1,70	0,39
5	54,1	54,8	53,0	26,75	1,40	0,24
6	51,9	51,0	51,0	4,64	2,67	1,60
7	53,9	52,4	52,2	2,62	3,45	1,95
8	55,2	55,7	53,6	9,60	2,01	0,59
9	54,8	52,6	55,7	13,57	1,40	0,52
10	55,6	53,9	53,4	12,10	1,12	0,71
11	53,1	54,8	55,9	14,29	2,05	0,94
12	54,3	55,3	56,1	16,52	2,46	1,04
13	54,5	53,9	50,0	38,40	1,14	0,27
14	54,4	56,6	51,7	9,09	1,90	1,11
15	53,0	50,1	53,8	25,25	0,41	0,39
16	46,0	47,7	46,1	8,04	1,37	0,55
17	47,3	49,1	49,9	14,04	1,63	0,48
20	53,0	55,8	53,5	8,39	3,58	1,47
24	58,6	57,0	53,0	14,22	3,23	1,50
25	55,6	58,4	52,7	2,30	0,85	0,09
26	54,9	54,2	55,0	11,14	1,70	1,01
27	54,8	55,4	54,8	24,42	1,00	0,23
28	54,1	54,8	53,0	12,41	2,02	0,92
29	0,0	54,2	54,1	0,00	2,26	1,95
30	53,2	53,7	52,8	2,57	1,88	0,93
31	53,8	53,7	57,7	0,70	1,02	0,81
32	51,4	52,6	53,9	11,41	1,37	0,64
33	48,5	48,8	44,2	4,02	0,81	0,26
34	47,1	48,1	48,1	9,37	1,55	0,46
35	46,8	48,6	47,1	6,54	1,21	0,53
36	44,5	48,8	44,7	2,82	1,47	0,43
37	48,7	48,7	47,9	9,82	1,12	0,43
38	47,4	49,2	49,0	2,00	1,34	0,32
39	45,3	48,0	45,0	5,19	1,37	0,27
40	51,1	47,6	53,6	16,66	2,10	0,63
41	51,7	43,1	46,0	6,74	0,66	0,33
42	47,4	46,8	44,1	5,29	1,26	0,38
43	53,8	51,5	49,1	7,46	1,42	0,68
44	53,6	54,0	53,2	20,54	0,30	0,31

Saf karaçam meşcerelerinde kökte depolanan karbon miktarı kalın kökte ortalama 14012,30 kg/ha, ince kökte ortalama 1650,43 kg/ha ve kılcal kökte ortalama 724,43 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Toprak üstü, toprak ve toprak altında yapılan tüm bu çalışmalarla saf karaçam meşcerelerinin her bileşenin karbon depolama miktarı bulunmuş ve bunların toplamı ile saf karaçam meşcerelerinin toplam karbon depolama miktarı elde edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Saf Karaçam Meşcerelerinin Toplam Karbon Miktarları

Örnek Alan No	Ağaç C (ton/ha)	Diri Örtü C (ton/ha)	Ölü Örtü C (ton/ha)	Ölü Odun C (ton/ha)	Toplam Toprak Üstü Karbon	Toprak C (ton/ha)		Kök C (ton/ha)			Toplam C (ton/ha)
						0-10 cm	10-30 cm	Kalın Kök (0-30 cm)	İnce Kök (0-30 cm)	Kılcal Kök (0-30 cm)	
1	174,18	0,10	8,49	1,18	183,94	1,09	0,81	41,28	1,89	0,75	229,77
2	139,44	0,12	34,31	3,33	177,19	2,04	1,52	63,01	1,13	1,20	246,10
3	138,88	0,06	13,21	1,62	153,77	1,51	1,50	57,66	3,10	0,95	218,50
4	50,07	0,07	14,44	0,86	65,44	3,10	2,80	5,62	1,70	0,39	79,04
5	269,92	0,26	13,13	0,68	283,99	1,92	2,08	26,75	1,40	0,24	316,38
6	37,15	0,08	4,95	1,90	44,08	2,64	2,56	4,64	2,67	1,60	58,19
7	36,31	0,06	3,99	0,63	40,99	2,10	3,27	2,62	3,45	1,95	54,38
8	39,87	0,08	7,37	0,58	47,89	2,06	2,49	9,60	2,01	0,59	64,63
9	244,93	0,03	4,56	0,39	249,90	1,59	3,01	13,57	1,40	0,52	270,00
10	147,74	0,05	5,27	1,12	154,19	2,70	3,63	12,10	1,12	0,71	174,44
11	16,73	0,10	6,27	0,95	24,05	2,10	1,78	14,29	2,05	0,94	45,22
12	25,67	0,05	6,97	1,11	33,81	2,30	1,67	16,52	2,46	1,04	57,80
13	55,59	0,06	5,83	1,31	62,79	2,33	1,90	38,40	1,14	0,27	106,83
14	14,72	0,04	5,38	1,33	21,47	1,98	1,83	9,09	1,90	1,11	37,37
15	38,49	0,03	6,98	0,66	46,16	1,62	2,28	25,25	0,41	0,39	76,11
16	943,09	0,03	4,87	1,24	949,23	1,75	2,09	8,04	1,37	0,55	963,04
17	81,71	0,04	6,97	0,60	89,32	1,33	1,82	14,04	1,63	0,48	108,61
20	10,18	0,07	6,30	0,47	17,02	4,87	3,22	8,39	3,58	1,47	38,55
24	78,17	0,14	7,77	1,84	87,92	1,53	1,99	14,22	3,23	1,50	110,39
25	15,20	0,21	1,13	0,34	16,87	2,07	1,90	2,30	0,85	0,09	24,08
26	119,53	0,07	15,98	1,40	136,99	2,43	1,95	11,14	1,70	1,01	155,21
27	395,88	0,14	9,36	1,82	407,20	2,01	2,02	24,42	1,00	0,23	436,88
28	293,84	0,12	5,59	1,74	301,30	1,74	1,83	12,41	2,02	0,92	320,22
29	16,07	0,02	3,20	0,48	19,77	1,78	1,51	0,00	2,26	1,95	27,28
30	102,74	0,01	1,70	0,72	105,17	2,16	1,39	2,57	1,88	0,93	114,11
31	45,82	0,02	3,03	0,71	49,58	1,53	1,77	0,70	1,02	0,81	55,40
32	314,56	0,02	1,56	0,65	316,79	1,87	2,73	11,41	1,37	0,64	334,81
33	165,38	0,04	2,46	0,55	168,43	1,84	1,31	4,02	0,81	0,26	176,68
34	61,02	0,01	3,17	0,73	64,93	2,01	1,97	9,37	1,55	0,46	80,29
35	74,28	0,01	3,10	0,42	77,80	1,52	1,40	6,54	1,21	0,53	89,00
36	876,39	0,24	10,00	0,65	887,28	1,82	1,45	2,82	1,47	0,43	895,27
37	804,01	0,08	8,30	0,72	813,11	1,25	1,56	9,82	1,12	0,43	827,29
38	147,06	0,13	6,33	3,26	156,78	2,13	1,32	2,00	1,34	0,32	163,90
39	116,85	0,03	2,20	2,55	121,62	2,06	1,73	5,19	1,37	0,27	132,23
40	3,47	1,52	2,38	1,26	8,64	2,39	2,46	16,66	2,10	0,63	32,88
41	96,39	0,17	4,65	0,75	101,95	2,52	2,51	6,74	0,66	0,33	114,71
42	116,60	0,18	2,41	1,67	120,86	1,63	1,58	5,29	1,26	0,38	131,00
43	8,36	0,83	3,51	0,75	13,45	2,25	1,93	7,46	1,42	0,68	27,18
44	4,58	0,23	2,76	1,36	8,92	2,53	1,94	20,54	0,30	0,31	34,53

1 hektar saf karaçam meşceresinde depolanan toplam karbon 24,08 ton/ha ile 963,04 ton/ha arasında değişmekte olup ortalama karbon miktarı ise 190,47 ton/ha'dır.

3.3.2. Karaçam-Kızılçam Karışık Meşcerelerine İlişkin Bulgular

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğüne karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde belli büyüklüklerde belirlenen 14 adet örnek alan üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir. Tüm örnek alanlardan 1 adet karaçam ağacı ve 1 adet kızılçam ağacı kesilerek ağaç üzerinde örnekleme yapılmış ve alan içerisinde diri örtü, ölü örtü, ölü odun, toprak ve kök örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler laboratuvara taşınmış ve gerekli ölçüm ve analizlere tabi tutularak biyokütle ve biyokütlelerinde depolanan karbon miktarları belirlenmiştir. Karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için toprak üstü, toprak ve toprak altı biyoküttelede depolanan karbon miktarının belirlenebilmesi amacıyla ağaç ve alan bazında modeller geliştirilmiştir.

3.3.2.1. Ağaç Bileşenine İlişkin Bulgular

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinden kesilen 14 adet karaçam ağacı ve 14 adet kızılçam ağacı üzerinde gövde odunu, dal, ibre ve kabuk bileşenlerine yönelik örnekleme yapılmıştır. Örnekler laboratuvarda belirli işlemlerden geçirilmiş ve ağaç bileşenlerinin biyokütle ve biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarları belirlenmiştir. Bu değerler yardımıyla hem karaçam için hem de kızılçam için karbon modeli geliştirilmiştir.

3.3.2.1.1. Karaçam Ağaç Türü İçin Bulgular

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinden kesilen 14 adet karaçam ağacı üzerinde gövde odunu, dal, ibre ve kabuk bileşenlerine yönelik örnekleme yapılmıştır. Laboratuvarda yapılan gerekli ölçümler ve analizler yardımıyla tüm ağaç bileşenlerinin

biyokütle ve biyokütlelerindeki karbon miktarları belirlenmiştir (Tablo 16). Belirlenen değerler yardımıyla karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde bulunan karaçam ağaç türü için karaçam ağaç karbon modeli elde edilmiştir.

Tablo 16. Karaçam-Kızılçam Meşcerelerindeki Karaçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri

Örnek Ağaç No	Karbon İçerikleri				ΣC (kg)
	Dal (%)	İbre (%)	Gövde Odunu (%)	Kabuk (%)	
18	51,0	49,2	49,7	49,7	21,93
20	46,6	50,1	47,4	50,4	8,73
23	53,0	50,0	48,6	50,7	7,35
25	50,2	48,8	51,7	49,6	18,95
27	52,0	50,5	51,9	51,5	68,03
50	49,6	56,3	48,0	51,0	20,90
52	50,6	50,5	47,4	46,1	44,01
54	51,4	45,6	48,1	49,6	24,98
56	52,0	50,7	47,5	51,9	4,89
58	51,6	51,0	47,8	50,4	27,24
60	52,8	50,1	46,7	51,2	55,67
62	47,7	51,0	47,8	48,9	33,54
64	51,5	51,8	48,0	50,2	52,51
66	48,3	49,1	48,6	50,1	26,08

Tablo 16'daki veriler yardımıyla Gediz Orman İşletme Müdürlüğü karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için her bir ağacın depoladığı karbon miktarı ile göğüs çapları ilişkisi getirilerek karaçam ağaç karbon modeli geliştirilmiştir (2).

$$\text{Ağaç Karbonu} = 0,074xd^{2,098} \quad (R^2=0,897, S_{yx}=0,261, F=104, P<0,001) \quad (2)$$

Bu modelde d, göğüs çapını ifade etmektedir. Modelin belirtme katsayısı 0, 897, standart hatası 0, 261 ve F değeri 104 olup 0,05 önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur.

3.3.2.1.2. Kızılçam Ağaç Türü İçin Bulgular

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinden kesilen 14 adet kızılçam ağacı üzerinde gövde odunu, dal, ibre ve kabuk bileşenlerine yönelik örneklemeler yapılmıştır. Laboratuvarında yapılan gerekli ölçümler ve analizler yardımıyla tüm ağaç bileşenlerinin biyokütle ve biyokütlelerindeki karbon miktarları belirlenmiştir (Tablo 17). Elde edilen veriler yardımıyla karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde bulunan kızılçam ağaç türü için kızılçam ağaç karbon modeli elde edilmiştir.

Tablo 17. Karaçam-Kızılçam Meşcerelerindeki Kızılçam Ağaç Türü Tek Ağaç Bileşenleri Karbon İçerikleri

Örnek Ağaç No	Karbon İçerikleri				ΣC (kg)
	Dal (%)	İbre (%)	Gövde Odunu (%)	Kabuk (%)	
19	47,5	47,9	46,5	50,4	11,20
21	51,1	47,5	49,7	51,7	7,77
24	49,4	49,0	48,3	50,6	4,62
26	48,3	48,0	46,3	51,4	56,69
28	47,5	47,9	48,6	49,6	43,67
51	45,9	43,3	49,3	50,1	19,35
53	47,3	47,4	48,1	50,3	63,58
55	46,6	49,9	39,9	45,7	9,55
57	47,8	48,4	47,2	51,8	9,74
59	48,3	48,3	48,7	50,7	65,99
61	48,5	50,8	47,9	51,0	24,02
63	48,2	49,8	47,9	51,0	31,52
65	47,9	43,9	49,4	50,4	115,64
67	49,1	49,9	47,8	50,9	19,92

Tablo 17'deki veriler yardımıyla Gediz Orman İşletme Müdürlüğü karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için her bir ağacın depoladığı karbon miktarı ile göğüs çapları ilişkiye getirilerek kızılçam ağaç karbon modeli geliştirilmiştir (3).

$$\text{Ağaç Karbonu} = 0,029xd^{2,401} \quad (R^2=0,969, S_{yx}=0,176, F=340, P<0,001) \quad (3)$$

Bu modelde d , göğüs çapını ifade etmektedir. Modelin belirtme katsayısı 0,969, standart hatası 0,176 ve F değeri 340 olup 0,05 önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur.

3.3.2.2. Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde arazi çalışmalarıyla her örnek alan içinde meşcereyi temsil edecek şekilde 2 farklı yerden 1x1 m boyutundaki alt örnekleme alanlarından toplanan toplam 28 adet diri örtü örneği, laboratuvara taşınarak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiş ve gerekli ölçüm ve dönüşümlerle biyokütleleri belirlenen örnekler toz hale getirilerek karbon analizleri yapılmıştır. Diri örtü örneklerinin karbon içerikleri Tablo 18'de verilmiştir.

3.3.2.3. Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde belirlenen her örnek alan içinde yeri rastgele yöntemle seçilen 4 farklı yerden 25 x 25 cm boyutundaki kare yardımıyla toplam 56 adet ölü örtü örneği laboratuvara getirilerek kurutma fırınında kurutularak biyokütleleri belirlenmiş ve toz hale getirilip karbon analizleri yapılmıştır. Elde edilen karbon analiz sonuçları Tablo 18'de verilmiştir.

3.3.2.4. Ölü Odun Bileşenine İlişkin Bulgular

Ölü odun biyokütlesinde depolanan karbon miktarının belirlenmesi amacıyla, karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde 14 örnek alandan 1x1 m alt örnekleme alanları kullanarak her örnek alandan 1 adet olmak üzere toplam 14 adet ölü odun örneği alınarak laboratuvara getirilmiş, kurutma fırınında kurutularak biyokütleleri bulunmuştur. Gerekli ölçüm ve dönüşümleri yapılan örnekler toz hale getirilip karbon analizleriyle

biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarları elde edilmiş ve bulunan değerler Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Karaçam-Kızılçam Karışık Meşcerelerinde Diri Örtü, Ölü Örtü ve Ölü Odun Karbon İçerikleri

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)			Karbon Miktarları (ton/ha)		
	Diri Örtü	Ölü Örtü	Ölü Odun	Diri Örtü	Ölü Örtü	Ölü Odun
18	48,4	35,3	48,1	0,41	4,70	0,47
19	48,9	42,1	49,2	1,45	3,99	0,33
21	45,0	34,0	52,2	0,16	4,49	0,49
22	46,9	49,2	50,9	0,04	5,37	0,39
23	48,1	48,7	49,8	0,03	4,54	1,11
45	48,0	37,2	48,3	0,37	1,84	1,37
46	46,6	43,2	51,0	0,06	10,64	0,78
47	45,8	44,3	49,3	0,05	7,06	0,55
48	46,6	48,6	49,0	0,07	4,92	0,42
49	48,2	36,7	51,0	0,04	11,74	0,63
50	44,3	38,4	48,2	0,02	8,86	0,37
51	46,5	49,1	46,9	0,04	3,56	0,75
52	47,9	47,8	49,5	0,05	12,91	2,08
53	48,8	40,8	48,0	0,09	12,02	3,41

Karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için diri örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 205,10 kg/ha, ölü örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 6903,32 kg/ha ve ölü odunda depolanan karbon miktarı ortalama 939,81 kg/ha olarak belirlenmiştir.

3.3.2.5. Toprak Bileşenine İlişkin Bulgular

Karaçam-kızılçam meşcerelerinde 14 örnek alanda 1x1m genişliğinde açılan toprak profilinden yapılan toprak örneklemeyle laboratuvara getirilen tüm toprak örnekleri bazı işlemlerden geçirilmiş, ölçüm ve analizlerle belirlenen toprak biyokütlesi ve biyokütlesinde depolanan karbon miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 19. Karaçam-Kızılçam Karışık Meşcerelerinde Toprak Karbon İçeriği

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)		Karbon Miktarları (ton/ha)	
	Toprak (0-10 cm)	Toprak (10-30 cm)	Toprak (0-10 cm)	Toprak (10-30 cm)
18	1,7	1,6	2,25	3,56
19	1,3	1,1	1,94	2,07
21	1,5	1,4	2,27	2,62
22	1,8	1,2	3,57	2,19
23	1,8	1,4	3,58	3,62
45	1,9	1,5	2,85	2,85
46	1,9	1,6	2,03	2,39
47	2,0	1,8	2,47	2,55
48	2,0	1,8	2,13	2,61
49	1,9	1,4	2,57	1,52
50	1,8	1,4	2,09	1,50
51	1,9	1,4	2,87	1,97
52	2,2	2,0	2,42	2,94
53	2,4	1,9	2,79	2,35

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde toprakta depolanan karbon miktarı 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama 2560,33 kg/ha, 10-30 cm derinlik kademesinde ise ortalama 2482,437 kg/ha olarak belirlenmiştir.

3.3.2.6. Kök Bileşenine İlişkin Bulgular

Karaçam-kızılçam meşcerelerinde 14 örnek alanda kök çukuru yöntemi ile yapılan kök örneklemeyle laboratuvara getirilen tüm kök örnekleri bazı işlemlerden geçirilmiş, sınıflandırmaları ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda kök biyokütlesi ve biyokütlesinde depolanan karbon miktarları elde edilmeye çalışılmıştır.

Karaçam-kızılçam meşcerelerinde 14 adet örnek alanda kök çukuru yöntemi ile yapılan kök örneklemeyle laboratuvara getirilen tüm kök örnekleri bazı işlemlerden geçirilmiş, sınıflandırmaları ve ölçümleri yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda kök biyokütlesi ve kök biyokütlesinde depolanan karbon miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

Kök çukuru yöntemi ile her açılan çukurdan alınan kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (5 mm den daha fazla) kökler biyokütle ve biyokütlelerinde depoladıkları karbon miktarlarının belirlenebilmesi için ölçüm ve işlemlerden geçirilmiştir. Elde edilen karbon analiz sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Karaçam-Kızılçam Meşcerelerinde Kök Karbon İçeriği

Örnek Alan No	Karbon İçerikleri (%)			Karbon Miktarları (ton/ha)		
	0-30 cm			0-30 cm		
	Kalın Kök	İnce Kök	Kılcal Kök	Kalın Kök	İnce Kök	Kılcal Kök
18	37,4	46,0	46,3	17,41	1,93	0,70
19	44,4	49,8	45,1	5,54	1,37	0,62
21	53,4	54,1	55,1	13,53	2,42	1,16
22	54,3	55,6	57,6	16,73	1,27	0,34
23	50,4	52,3	52,0	24,64	0,40	0,20
45	50,6	52,2	49,4	7,69	3,11	1,14
46	48,1	47,8	49,3	12,62	2,43	1,90
47	49,4	50,2	39,7	5,14	2,56	0,76
48	46,7	47,0	44,4	7,79	1,23	0,92
49	47,4	44,7	48,9	5,38	0,83	0,64
50	46,6	46,9	46,6	8,55	0,96	0,27
51	47,6	47,7	47,3	20,76	2,74	0,44
52	47,1	46,9	45,6	18,38	0,62	0,27
53	49,0	49,0	56,0	19,24	1,16	1,16

Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde kökte depolanan karbon miktarı kalın kökte ortalama olarak 13099,57 kg/ha, ince kökte ortalama 1644,86 kg/ha ve kılcal kökte ortalama 750,42 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Toprak üstü, toprak ve toprak altında yapılan tüm bu çalışmalarla karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinin her bileşenin karbon depolama miktarı bulunmuş ve bunların toplamı ile karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinin toplam karbon depolama miktarı elde edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Karaçam-Kızıldaam Meşcerelerinin Toplam Karbon Miktarları

Örnek Alan No	Ağaç C (ton/ha)	Diri Örtü C (ton/ha)	Ölü Örtü C (ton/ha)	Ölü Odun C (ton/ha)	Toplam Toprak Üstü Karbon	Toprak C (ton/ha)		Kök C (ton/ha)			Toplam C (ton/ha)
						0-10 cm	10-30 cm	Kalın Kök (0-30 cm)	İnce Kök (0-30 cm)	Kılcal Kök (0-30 cm)	
19	9,66	1,45	3,99	0,33	15,42	1,94	2,07	5,54	1,37	0,62	26,96
48	14,77	0,07	4,92	0,42	20,18	2,13	2,61	7,79	1,23	0,92	34,85
21	10,50	0,16	4,49	0,49	15,64	2,27	2,62	13,53	2,42	1,16	37,63
45	18,24	0,37	1,84	1,37	21,83	2,85	2,85	7,69	3,11	1,14	39,46
18	8,04	0,41	4,70	0,47	13,63	2,25	3,56	17,41	1,93	0,70	39,49
47	23,13	0,05	7,06	0,55	30,79	2,47	2,55	5,14	2,56	0,76	44,26
51	52,81	0,04	3,56	0,75	57,16	2,87	1,97	20,76	2,74	0,44	85,94
22	60,78	0,04	5,37	0,39	66,57	3,57	2,19	16,73	1,27	0,34	90,67
46	63,87	0,06	10,64	0,78	75,35	2,03	2,39	12,62	2,43	1,90	96,72
52	68,33	0,05	12,91	2,08	83,38	2,42	2,94	18,38	0,62	0,27	108,02
49	85,56	0,04	11,74	0,63	97,97	2,57	1,52	5,38	0,83	0,64	108,90
50	87,01	0,02	8,86	0,37	96,26	2,09	1,50	8,55	0,96	0,27	109,63
23	81,43	0,03	4,54	1,11	87,11	3,58	3,62	24,64	0,40	0,20	119,56
53	82,98	0,09	12,02	3,41	98,51	2,79	2,35	19,24	1,16	1,16	125,22

1 hektar karaçam-kızıldaam karışık meşceresinde depolanan toplam karbon 26,96 ton/ha ile 125,22 ton/ha arasında değişmekte olup ortalama karbon miktarı ise 76,24 ton/ha'dır.

4. TARTIŞMA

Toprak üstü biyokütle bileşeni olan tek ağaçta depolanan karbon miktarına yönelik olarak tek ağaç bileşenini oluşturan gövde odunu, kabuk, dal ve ibre karbon içerikleri belirlenmiştir. Saf karaçam meşcereleri için gövde odunu karbon içeriği 0,14-162,75 kg, kabuk karbon içeriği 0,07-20,35 kg, dal karbon içeriği 0,37-62,63 kg, ibre karbon içeriği 0,29-70,50 kg arasında değişmekte olup bunların toplamı ile elde edilen tek ağaç karbon içeriği de 1,40-241,72 kg arasında değişmektedir. Karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için gövde odunu karbon içeriği 2,40-88,60 kg, kabuk karbon içeriği 0,61-11,55 kg, dal karbon içeriği 0,49-12,29 kg, ibre karbon içeriği 0,29-9,07 kg arasında değişmekte olup bunların toplamı ile elde edilen tek ağaç karbon içeriği de 4,62-115,64 kg arasında değişmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen modeller yardımıyla saf karaçam meşcerelerinde bulunan toplam ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarının 3,47-943,09 ton/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir. Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde toplam ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarının ise 8,04-87,01 ton/ha arasında değiştiği belirlenmiştir. Saf karaçam meşcerelerinde diri örtü biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 0,01-1,52 ton/ha, ölü örtü biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 1,13-34,31 ton/ha ve ölü odun biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 0,34-3,33 ton/ha arasında değişmektedir. Karaçam-kızılçam meşcerelerinde ise diri örtü biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 0,02-1,45 ton/ha, ölü örtü biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 1,84-12,91 ton/ha ve ölü odun biyokütlesinde depolanan karbon miktarı 0,33-3,41 ton/ha arasında değişmektedir.

Toprak biyokütlesinde depolanan karbon miktarı saf karaçam meşcerelerinde 1,90-43,93 ton/ha, karaçam-kızılçam karışık meşcerelerde ise 3,59-7,21 ton/ha arasında değişmektedir.

Toprak altı biyokütle bileşeni olan kök örnekleri saf karaçam meşcerelerinde kalın kök için 0,69-63,01 ton/ha, ince kök için 0,30-3,58 ton/ha ve kılcal kök için 0,09-1,95 ton/ha arasında değişmektedir. Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde ise kökte depolanan karbon miktarı kalın kök için 5,14-24,64 ton/ha, ince kök için 0,40-3,11 ton/ha ve kılcal kök için 0,20-1,90 ton/ha arasında değişmektedir.

Gövde odununda depolanan karbon miktarının ağacı oluşturan diğer bileşenlerden daha fazla olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Mısır ve Mısır (2013), doğu kayını için yaptıkları çalışmada gövde odunu karbon depolama kapasitesinin %81,5, Makineci vd. (2011) tarafından meşe ekosistemlerinde yapılan çalışmada %62, Yavuz vd.(2010) sarıçam ağaç türünde bu değer %62,2, Tolunay (2009) tarafından genç sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada %70,2 olduğunu ifade etmişlerdir. Laiho vd. (1997) Finlandiya’da sarıçam türünde yaptıkları çalışmada ağaç bileşenleri üzerinde %51,8 gövde odununda, %53,2 kabukta, %53,1 dalda ve %53,8 ibrede karbon depolandığını ve gövde odununda depolanan karbon miktarının toplam toprak üstü karbon miktarının %45.4–%73.1’ini temsil ettiğini belirlemişlerdir. Tang vd. (2012) tarafından Güneybatı Çin’de tropikal orman ekosistemlerinde yapılan çalışmada gövde odununda depolanan karbon içeriğinin %64.3 olduğu ve tropikal orman ekosistemlerinde yaptıkları araştırmada ağaç bileşenlerinde gövde odununda %45, dalda %44 ve yaprakta %41 oranında karbon depolandığını, Skovsgaard vd. (2006) Danimarka’da batı ladini üzerindeki çalışmalarında toplam toprak üstü karbon miktarının %68.8-%72.1 arasında gövde odununda olduğunu tespit etmişlerdir. Kahyaoğlu (2017), biyokütlede depolanan karbon miktarları içinde en yüksek değer %77,9 ile gövde odununda, bunu sırasıyla dal (%13), kabuk (%7,3) ve yaprak (%1,8) gibi ağaç bileşenlerinin takip ettiği tespit etmiştir. Ritson (2002), fıstık çamında yaptığı çalışmada karbon içeriklerini gövde odununda %49,7 dalda ise %56,6 olarak tespit etmiştir. Yavuz vd. (2010) sarıçamda yaptıkları çalışmada karbon depolama miktarının %53.4 oranla en fazla ibrede depoladığını, %5.6 oranında en az oranda kabukta depoladığını ortaya koymuşlardır. Tolunay (2009), sarıçamda yaptığı çalışmada elde ettiği sonuçlara göre ağaç bileşenlerinde depolanan karbon içeriğinin gövde odununda %51,2, dalda %54,7, ibrede %53,02 ve kabukta %53,5 olarak belirlemiştir. Makineci vd. (2011) tarafından meşe ağaç türünde ekosistem bazında yapılan çalışmada ağaç türü bileşenlerinden yaprak, dal ve gövde odununda %49 oranında karbon depoladığını kabukta ise %48 oranında olduğu ifade etmiştir. Mısır vd. (2011) doğu ladininde yaptıkları çalışmada gövde odununda %34,3 oranında, dal odununda %37,5 oranında, ibrede %46,8 oranında ve kabukta %44,3 oranında karbon içeriğinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Mısır vd. (2012) Uludağ Göknaarı üzerinde yaptıkları çalışmada ağaç bileşenlerindeki karbon depolama oranlarını gövde odununda %56,1, dalda %46,6, ibrede %45,0 ve kabukta %38,0 olarak belirlemişlerdir. Peichl (2006) Veymut Çamı üzerinde yaptığı çalışmada karbon depolama miktarlarını gövde odununda %47,0 oranında, dalda %49,0

oranında, ibrede %51,0 oranında ve kabukta %46,0 bulmuştur. Mısır vd. (2013) doğu kayını ağaç türü üzerinde yaptıkları çalışmada gövde odununda %43,81 oranında, dalda %45,34 oranında, yaprakta %44,38 oranında ve kabukta %44,53 oranında karbon depolandığını ifade etmişlerdir. Erkut (2013) doğu kayınında gövde odununda %46,15, dal odununda %47,71, yaprakta %46,46 ve kabukta %45,64 oranında karbon içerdiğini ifade etmiştir. Bülbül (2012), ladin meşcerelerinde yaptığı çalışmasında, ladin ağacında depolanan karbon miktarının 1.08 kg ile 3355.6 kg arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Yapılan bu çalışmada toprak üstü biyokütle bileşeni olan tek ağaçta depolanan karbon miktarına yönelik tek ağaç bileşenini oluşturan gövde odunu, kabuk, dal ve ibre karbon içerikleri belirlenmiştir. Saf karaçam meşcereleri için gövde odunu karbon içeriği ortalama 45,53 kg, kabuk karbon içeriği ortalama 7,08 kg, dal karbon içeriği ortalama 7,52 kg, ibre karbon içeriği ortalama 5,83 kg olarak tespit edilmiş ve bunların toplamı ile elde edilen tek ağaç karbon içeriği ise ortalama 65,96 kg olarak bulunmuştur. Karaçam-kızılçam-karışık meşcereleri için gövde odunu karbon içeriği ortalama 21,58 kg, kabuk karbon içeriği ortalama 3,71 kg, dal karbon içeriği ortalama 4,07 kg, ibre karbon içeriği ortalama 2,72 kg olarak tespit edilmiş ve bunların toplamı ile elde edilen tek ağaç karbon içeriği ise ortalama 32,08 kg olarak bulunmuştur.

Çömez (2010), sarıçam türünde yaptığı çalışmasında karbon stoğunu, ağaç kütlelerinde 8,42- 207,78; diri örtüde 0,04-3,53; ölü odunda 0,46-1,49; ölü örtüde 8,42-20,93ton/ha arasında tespit etmiş, Erkut (2013), saf kayın meşcerelerinin ölü örtüsünde 4,10 ton/ha ve diri örtüsünde 0,07 ton/ha karbon depolandığı belirlemiş ve kayın meşcerelerinin toprak üstü karbon depolama kapasitesini 175.90 ton/ha olarak belirlemiştir. Bülbül (2012), yine ladin meşcerelerinde toprak üstü bileşenlerinden diri örtü kütlelerinin % 35'i ile %42'si kadar karbon depoladığını, ölü odunda depolanan karbonun ise kütlelerinin %33'ü ile %45'i kadarı olduğu ve ölü örtüde biriken karbon miktarının ise kütlelerinin %40'ı ile %52'si kadar olduğu belirlemiştir. Babur (2018), karaçam meşcerelerinin ölü örtülerinde en yüksek miktarda karbon (2748,91 gr C/m²) depolandığı, sırasıyla bunu sedir (1971,80 gr C/m²) ve kayın (1191,05 gr C/m²) meşcerelerinin takip ettiği belirlemiştir ve üst topraklarında depolanan organik C miktarları sedirde 53,34 gr C/m², karaçamda 48,05 gr C/m², ve kayında 40,77 gr C/m² bulunmuştur. Bu çalışma ile saf karaçam meşcereleri için diri örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 142,71 kg/ha, ölü örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 6663,54 kg/ha ve ölü odunda depolanan karbon miktarı ortalama 1136,11

kg/ha olarak belirlenmiştir. Karaçam-kızılçam karışık meşcereleri için diri örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 205,10 kg/ha, ölü örtüde depolanan karbon miktarı ortalama 6903,32 kg/ha ve ölü odunda depolanan karbon miktarı ortalama 939,81 kg/ha olarak belirlenmiştir.

Ataf (2017), meşe meşceresinde yaptığı çalışmada 0-10 cm toprakta ortalama karbon miktarı %35,43 ton/ha, 10-20 cm toprakta %40,85 ton/ha; Karaçam meşceresinde 0-10 cm toprakta ortalama karbon miktarı %35,41 ton/ha, 10-20 cm toprakta %41,79 ton/ha olarak bulmuştur. Savacı (2017), farklı ağaç türleri üzerinde yaptığı çalışmada 0-5 cm derinliğindeki topraklardaki toplam ortalama karbon depolama kapasitesi 8 ton/ha ile 44 ton/ha arasında, 5-10 cm 11 ton/ha ile 35 ton/ha arasında 10-15 cm derinliğinde 7 ton/ha ile 28 ton/ha arasında 15-20 cm derinliğinde 6 ton/ha ile 27 ton/ha arasında 20-30 cm derinliğinde ise 20 ton/ha ile 53 ton/ha arasında değiştiğini ifade etmiştir. Adam Fen (2018), saf sarıçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada en yüksek toprak organik karbon miktarının %4.42 ve %0.25 oranlarıyla karışık sarıçam ve göknar meşcerelerinde, %3.44 ve %0.20 oranlarıyla saf göknar meşcerelerinde olduğunu ifade etmiştir. Çömez (2010), sarıçam türünde yaptığı çalışmada karbon stoğunu, toprakta 90,06-108,45 ton/ha arasında bulmuş, Erkut (2013), saf kayın meşcerelerindeki çalışmada toprakta karbon depolama kapasitesini 81.10 ton/ha olarak bulmuştur. Marfak (2016), saf karaçam meşcerelerinde karbon depolama miktarını, farklı yaş gruplarına göre farklı yükseklik kademelerinde toprak organik karbonu üzerine yaptığı çalışmada alt toprak katmanı (20-40 cm) için ortalama karbon miktarına ait değerler 1.Yaş grubu için 36,87 ton/ha, 2.Yaş grubu için 51,03 ton/ha, 3.Yaş grubu için 45,42 ton/ha, 4.Yaş grubu için 35,76 ton/ha, 5.Yaş grubu için 39,63 ton/ha, 6.Yaş grubu için 41,00 ton/ha, ve kontrol parseli için 30,85 ton/ha bulmuştur. Çetiner (2016), saf kayın meşcerelerinde toprak bileşeni üzerinde yaptığı çalışmada toplam 4 farklı yükseklik kademesinden aldığı toprak örneklemeyle 0-10 cm toprak derinliği için ortalama karbon miktarı değerleri; (a) gelişim çağında 31.53 ton/ha, (b) gelişim çağında 40.87 ton/ha, (c) gelişim çağında 34.50 ton/ha, (d) gelişim çağında 38.71 ton/ha ve bozuk meşcere kuruluşunda 49.77 ton/ha olarak belirlemiştir. 10-20 cm toprak derinliği için ortalama karbon miktarı değerleri; (a) gelişim çağında 30.58 ton/ha, (b) gelişim çağında 35.80 ton/ha, (c) gelişim çağında 31.33 ton/ha, (d) gelişim çağında 35.41 ton/ha ve bozuk meşcere kuruluşunda 40.91 ton/ha olarak belirlemiştir. 20-30 cm toprak derinliği için ortalama karbon miktarı değerleri; (a) gelişim çağında 30.25 ton/ha, (b) gelişim çağında 34.85 ton/ha, (c) gelişim çağında 32.76 ton/ha, (d) gelişim çağında

31.30 ton/ha ve bozuk meşcere kuruluşunda 37.28 ton/ha olarak belirlemiştir. 30-40 cm toprak derinliği için ortalama karbon miktarı değerleri; (a) gelişim çağında 27.77 ton/ha, (b) gelişim çağında 31.19 ton/ha, (c) gelişim çağında 29.03 ton/ha, (d) gelişim çağında 28.80 ton/ha ve bozuk meşcere kuruluşunda 36.24 ton/ha olarak belirlemiştir. Bu çalışma ile toprak bileşeni için elde edilen sonuçlar ise, saf karaçam meşcerelerinde depolanan karbon miktarı 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama 2053,42 kg/ha, 10-30 cm derinlik kademesinde ise ortalama 2012,81 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde depolanan karbon miktarı 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama 2560,33 kg/ha, 10-30 cm derinlik kademesinde ise ortalama 2482,44 kg/ha olarak tespit edilmiştir.

Tüfekçioğlu ve Güner (2008), yalancı akasya ağaçlandırmaları için yaptıkları çalışmada kalın kök kütlesinin 4018 kg/ha, ince kök kütlesi 389 kg/ha ve kılcal kök kütlesinin 1449 kg/ha olduğunu belirtmişlerdir. Mısır ve Mısır (2013), saf doğu kayını meşcerelerinin kök biyokütlesinde depoladığı karbon miktarlarını kalın kök için 1018 kg/ha, ince kök için 1019 kg/ha, kılcal kök için 2724 kg/ha olarak belirlemiştir. Bülbül (2012), toprak altı bileşeni olan kök için ise kılcal köklerde %43 ile %55 arasında, ince köklerde % 36 ile %51 arasında, kalın köklerde bu oranın daha da düştüğünü %32 ile %47 arasında değiştiğini bulmuştur. Mısır ve Mısır (2012), göknar meşcerelerinde yaptıkları çalışmada karbon içeriklerini kalın kök için ortalama 11762 kg/ha, ince kök için ortalama 4097 kg/ha ve kılcal kök için 1685 kg/ha ile 9214 kg/ha arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise saf karaçam meşcerelerinde kökte depolanan karbon miktarı kalın kökte ortalama 14012,30 kg/ha, ince kökte ortalama 1650,43 kg/ha ve kılcal kökte ortalama 724,43 kg/ha olarak belirlenmiştir. Karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde kökte depolanan karbon miktarı kalın kökte ortalama olarak 13099,57 kg/ha, ince kökte ortalama 1644,86 kg/ha ve kılcal kökte ortalama 750,42 kg/ha olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, Gediz Orman İşletme Müdürlüğü'nde gerçekleştirilen bu çalışmada saf karaçam ve karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinin toprak üstü, toprak ve toprak altı biyokütlelerinde depolanan karbon miktarlarının tespiti için modeller geliştirilmiştir. Bu amaçla 53 adet örnek alanda her örnek alanda; her ağaç türü için 1 adet örnek ağaç (dal örneği, ibre örneği, gövde odunu örneği), 4 adet ölü örtü örneği, 2 adet diri örtü örneği, 1 adet ölü odun örneği, farklı yükseklik kademelerinden toprak ve kök örnekleri alınmıştır. Alınan tüm örnekler fırın kurusu hale getirilerek biyokütle değerleri belirlenmiştir. Fırın kurusu halde bulunan örnekler önce küçültülmüş sonra öğütmeye alınarak toz hale getirilmiştir. Toz halde bulunan örnekler 0,5 ile 1,0 mg arasında değişen ağırlıklarda hazırlanarak karbon analizleri yapılmış ve içerdikleri karbon miktarları belirlenmiştir. Biyokütlelerinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi amacıyla modeller elde edilmiştir. Tek ağaç bileşenlerinde saf karaçam meşcereleri için karaçam ağaç karbon modeli, karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde hem karaçam ağaç karbon modeli hem de kızılçam ağaç karbon modeli elde edilmiştir.

Regresyon Analizi Yöntemi ile tek ağaç karbon miktarı bağımlı değişken, ağacın göğüs çapı ise bağımsız değişken olacak şekilde geliştirilen modeller saf karaçam ve karaçam-kızılçam meşcerelerinde canlı ağaçlarda depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Toprak üstü, toprak ve toprak altı bileşenlerinin hepsine yönelik arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla gerek örneklemeler, gerek analizler gerekse modeller geliştirmek suretiyle tüm bileşenlerin karbon depolama miktarları belirlenebilmiştir.

Karasal ekosistemlerde depolanan karbon miktarının büyük bölümünü oluşturan ormanlar iklim değişikliğine karşı önemli görevler üstlenmiştir. Bu görevlerin en önemlilerinden biri karbondioksiti (CO₂) bağlayarak bünyesinde depolamasıdır. Yapılan çalışmalar, atmosfere salınan CO₂ yoğunluğunun artmasıyla küresel ısınmadaki artış ve beraberinde iklimde oluşan değişimin tüm dünyayı ve ülkemizi etkileyeceğini göstermektedir. Bu sebeple ağaç türleri üzerinde karbon depolama miktarlarının belirlenebilmesi amacıyla yapılan çalışmalar çok önemlidir ve en azından asli ağaç türlerimizin karbon depolama modellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ülkemizde bugün ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planlarının düzenlenmesine ait usul ve

esasları kapsayan 299 sayılı tebliğde belirtilen katsayılar yardımı ile ormanlarımızın karbon depolama miktarları belirlenmektedir. Bunun yerine ülkemizdeki asli ağaç türlerimiz için tek ağaç bazında karbon modelleri geliştirilmeli ve ekosistem bazında tüm bileşenlerin birlikte ele alındığı modeller oluşturulmalıdır. Bu konuda ihmal edilen tek husus modellerin yetersizliği değildir. Yapılan birçok çalışma saf meşcerelerde gerçekleştirilmiş olup bu çalışmalar sadece toprak üstünde, sadece toprakta ya da sadece toprak altında gerçekleştirilmiştir. İkili ya da üçlü karışım oluşturan meşcerelerin tüm bileşenleri ile birlikte ele alındığı çalışma neredeyse hiç yoktur. Karışım oluşturan türlerin birlikte ele alındığı ve orman ekosistemini oluşturan tüm bileşenlerin birlikte ele alındığı modellerin de bir an önce ortaya konulması gerekmektedir. Üzerinde durulması gereken diğer bir husus da boşluklu kapalı olarak adlandırılan meşcerelerin ekonomik anlamda verimsiz olarak değerlendirilmesinden kaynaklı ihmaldir. Bizim boşluklu kapalı ya da verimsiz diye adlandırdığımız bu alanlar orman alanlarımızın yaklaşık %42 sini oluşturmaktadır (Türkiye Orman Varlığı, 2021). Burada boşluklu kapalı meşcerelerin verimsiz olarak değerlendirilemeyeceği açık ve net olarak görülmektedir. Ekonomik anlamda verimsiz olarak değerlendirilirken boşluklu kapalı meşcerelerin ekolojik, sosyokültürel fonksiyonları, özellikle karbon depolamada üstlendikleri görevler göz ardı edilmemelidir. Bu meşcereler için de tür ve tür karışımları üzerinde karbon modelleri geliştirilmeli, toprak üstü, toprak ve toprak altı bileşenlerine yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Yapılan bu ve bunun gibi çalışmalarla elde edilen modeller sayesinde ormanlarımızın karbon depolama kapasitesi daha doğru bir şekilde ortaya konabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- AB, Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, Geleceğe Dair: Paris İklim Anlaşması, https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf 11 Mart 2021.
- Adam, M.W.A.A., 2018. Saf ve Karışık Meşcerelerin Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Asan, U., 2011. Türkiye Ormanlarındaki Yıllık Karbon Stok Değişimi Trendinin İrdelenmesi ve 2023 Yılındaki Durumun Kestirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı: 930-944.
- Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, Y., 2005. Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi. Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Aralık, Antalya, Bildiriler Kitabı: 231-241.
- Ataf A.A.A., 2017. Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü'nde Farklı Meşcerelerde Topraktaki Karbon Miktarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Babur E., 2018. Karstik Orman Ekosistemlerinde Aynı Yaşlı Karaçam, Sedir ve Kayın Ormanlarının Ölü Örtü ve Topraklarında Depolanan Karbon-Azot Miktarlarının Belirlenmesi; Bazı Mikrobiyal Özelliklerinin Mevsimsel Değişimlerinin İzlenmesi, Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Başsüllü, Ç., Özdemir, E., Semerci, A. ve İpek, A., 2014. İklim Değişikliği Müzakerelerinde Ormancılık, 2. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Isparta, Bildiriler Kitabı: 518-536.
- Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi ve Epidemiyoloji Afetleri Araştırma Merkezi, 2018. Economic Losses, Poverty & Disasters 1998-2017
- Bulut A., 2012. Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Üç Farklı Uydu Görüntüsü Kullanılarak Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Bülbül E., 2012. K.T.Ü Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çetiner M., 2016. Yaylacık Araştırma Ormanı'nda Farklı Meşcere Çağlarındaki Saf Kayın (*Fagus Orientalis* Lipsky.) Meşcerelerinde Toprakta Tutulan Karbon Miktarlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Changeand Forestry-LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Çolakoğlu E., 2019. İklim Değişikliği, Sürdürülebilir Kentler ve Kentsel Planlama Etkileşimi, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 11 (iklimİN), Ankara.
- Çömez A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (Pinus slyvestris L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitü Müdürlüğü, Eskişehir.
- Dışişleri Bakanlığı, 2018b. Paris Anlaşması, <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> 19 Şubat 2021.
- 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, Trabzon.
- FAO, 2010. Global forest resources assessment 2010 main report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ISBN: 978-92-5-106654-6.
- FAO, 2011. State of the World's Forests 2011, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ISBN : 978-92-5-106750-5.
- FAO, 2020. Global Forest Resources Assesment, Main Report, Rome 2020, Per 47-52.
- Gülsunar, M., 2011. Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi (Düzdağ Orman İşletme Şefliği Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Gupta, S.G., 2019. Land Degradation and Challenges of Food Security, Review of European Studies, 11, 1, 63-72.
- Gündoğan, A. C., Baş, D., Sayman, R. Ü., 2015. A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi, REC Türkiye, 43-3.
- IPCC, 1990. IPCC First Assessment Report: Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assesments.http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_90_92_assesments_far.shtml, 03.03.2021.
- IPCC, 1995. IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995, http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd_assessmenten.pdf, 09.02.2021.
- IPCC, 2000. Land use, land- use Change and Forestry Robert T. Watson, Ian R. Noble, Bert.
- IPCC, 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2001, Third Assessment Report, Working Grup I: The Scientific Basis, Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf, 11.01.2021.

- IPCC, 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Programme, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.
- IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 4.
- IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html, 10.12.2021.
- IPCC, 2013. IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, 14.02.2021.
- IPCC, 2014b. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. Mac Cracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp:1-32.
- İnce, K., 2011. Uzaktan Algılama Yöntemiyle Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi (Artvin Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kadioğlu, M., 2001. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye, Bildiğiniz Havalardan Sonu, Güncel Yayıncılık AŞ, 3, 98-108.
- Kadioğlu, M., 2007. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, Güncel Yayıncılık AŞ, 98-108.
- Kahyaoğlu N., 2017. Sinop Yöresi Doğu Kayını (Fagus Orientalis Lipsky.) Ormanlarının Toprak Üstü Biyokütle Ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kocaman N.T.H., 2019. Türkiye’de İklim Değişikliği İle Mücadelede Politikalar, Yasal ve Kurumsal Yapı, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 4, Ankara.
- Laiho, R. ve Laine, J., 1997. Tree Stand Biomass and Carbon Content in an Age Sequence of Drained Pine Mires in Southern Finland, Forest Ecology and Management, 93, 161-169
- Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Sevgi, O., Keten, A., Zengin H., Beşkardeş, V. ve Özdemir, E., 2011. Kuzey Trakya Koruya Tahvil Meşe Ekosistemlerinde Sağlık Durumu, Biyokütle, Karbon Depolama ve Faunistik Özelliklerin Belirlenmesi. TUBİTAK-TOVAG Proje No: 107O750), İstanbul.
- Marfak M., 2016. Saf Karaçam Ormanlarındaki Toprak Organik Karbon Miktarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Mazlum S.C., 2019. Küresel İklim Politikaları, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 2 (iklimİN), Ankara.
- Mısıır, M., Mısıır, N. ve Bulut, A., 2011. Karbon Depolama Kapasitesinin Landsat Etm+ Uydu Görüntüsüyle Belirlenmesi.

- Mısır, N., Mısır, M. ve Ülker, C., 2011. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı: 300-305.
- Mısır, N., Mısır M. ve Erkut, S., 2012. Estimations of Total Ecosystem Biomass and Carbon Storage for Fir (*Abies Nordmanniana* s. Subsp. *Bornmülleriana* (mattf.)) Forests (Western Black Sea Region), Tam Metin Bildiri, 14th International Fir Symposium, 12-14 Eylül 2012.
- Mısır, M., Mısır, N. ve Yavuz, H., 2012. K.T.U Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi, Bilimsel Araştırma Projesi.
- Mısır, M., Mısır, N., Ülker, C. ve Erkut, S., 2013. Saf Kayın Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi (Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Bilimsel Arastırma Projesi, Trabzon.
- Mısır, M. ve Mısır, N., 2013. Root Biomass and Carbon Storage for *Fagus Orientalis* Lipsky. (Northeastern Turkey), *International Journal of Education and Research*, 1-8.
- Mısır, M. ve Mısır, N., 2017. Uzaktan Algılama Verileriyle Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, IV. Ulusal Ormancılık Kongresi, İnsan-Doğa Etkileşiminde Orman ve Ormancılık, 15-16 Kasım, Antalya, 417-425.
- Mısır, M., Mısır, N. ve Yıldız, A., 2019. Determining Carbon Sequestration Using Remote Sensing, 2nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies, September, Tirana, Albania, Proceedings: 102
- Mısır, N., Mısır, M., ve Öztürk, G., 2019. İklim Değişikliği Üzerine Ormancılık Uygulamalarının Etkisi.
- Mısır M. ve Mısır N., 2021. Orman Yangınlarının İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi (Evaluation of Forest Fires in Terms of Climate Change), Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA), Orman Yangınları, Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri Kitabı: 63-87.
- Öztekin Ç., 2019. Ormancılık Projelerinin Karbon Piyasalarındaki Yeri ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi,, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Öker, F. ve Adıgüzel, H., 2013. Karbon Kredilerinin Uluslararası Muhasebe Standartları Kapsamında Muhasebeleştirilmesi, Mali Çözüm Dergisi, 116, 17- 38.
- Peichl, M. ve Arain, A., 2006. Above and Belowground Ecosystem Biomass and Carbon Pools in an Age-Sequence of Temperate Pine Plantation Forests, Agricultural and Forest Meteorology, 140,1-4, 30, 51-63.
- Ravindranath N.H. ve Ostwald M., 2008. Carbon Inventory Methods for National Greenhouse Gas Inventory, Chapter 16, Pages 217-235.
- Ritson, P. ve Sochacki, S., 2003. Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, southwestern Australia. Forest Ecology and Management, 175, 103-117.

- Polat, O., Polat, S. ve Akca, E., 2011. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus- Karabucak Örneği, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 313- 319.
- Savacı G., 2017. Farklı Arazi Kullanım Türleri ve Ağaç Yaşının Bazı Toprak Özellikleri, Karbon ve Azot Depolamasına Etkileri, Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Skovsgaard, J. P., Stupak, I. ve Vesterdal, L., 2006. Distribution of Biomass and Carbon in Even-Aged Stands of Norway Spruce [Picea Abies (L.) Karst.]: A Case Study on Spacing and Thinning Effects in Northern Denmark, Journal of Forest Research, Scandinavian, 21, 470-488.
- SPSS v.22.0, 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis, Published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Tang, J.W., Cao, M., Zhang, J.H. ve Li, M.H., 2012. Litterfall Production, Decomposition and Nutrient Use Efficiency Varies With Tropical Forest Types in Xishuangbanna, SW China: a 10-year study, Plant Soil, 335, 271-288.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021. Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi, Ocak, Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 2020. Orman Genel Müdürlüğü, Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2019 Türkiye Raporu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018. On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023. Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- Tolunay, D., 2009. Total Carbon Stocks and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey. TÜBİTAK. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35, 265-279.
- 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., 2011. Türkiye’de Artım ve Ağaç Servetinden Bitkisel Kütle ve Karbon Miktarlarının Hesaplamasında Kullanılabilecek Katsayılar, Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. yılı Uluslararası Sempozyumu, 240- 251, 26-28, Antalya.
- Tolunay, D., 2013a. Ormanlar ve iklim değişikliği, Portakal Baskı A.Ş., İstanbul, ISBN : 978-605-4610-20-4.
- Tolunay, D. ve Çömez, A., 2008. Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Hatay, Bildiri Kitabı: 750-765.
- Türkeş, M., 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın, 61, 14-29.
- UN, 1972. Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, Sweden.

- UNFCCC, 1996. Report of the Conference of the Parties on Its Second Session, Held at Geneva from 8 to 19 July 1996, Addendum, Part Two: Action Taken by the Conference of the Parties at its second session, 9/CP.2 Communications from Parties Included in Annex I to the Convention: Guidelines, Schedule and Process for Consideration.
- UNFCCC, 2003. Caring for Climate A Guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol Issued by the Climate Change Secretariat (UNFCCC) Bonn, Germany UNFCCC, 2006. United Nations Framework Convention on Climate Change Handbook. Bonn: Climate Change Secretariat.
- UNFCCC, 2018c. The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/whatis-the-paris-agreement> 10 Nisan 2018.
- URL 1, https://insamer.com/tr/iklim-degisikligi-ve-kuresel-isinma_3464.html
- URL 2, <https://www.semtrio.com/blog/karbon-dongusu>
- Volk, T., 2008. CO2 Rising: The World's Greatest Environmental Challenge, MIT press, ISBN : 0262220830.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. ve Küçük, M., 2010. Karadeniz Bölgesi Saf Ve Karışık Sarıçam (Pinus slyvestris L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Trabzon.
- Zengin, H., Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, U. Y., 2007. Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi, Türk Ormancılığında Uluslararası Süreçte, Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Antalya, Bildiriler Kitabı: 22-24.

ÖZGEÇMİŞ

Ortaöğrenimini Gediz Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2017 yılında tamamladı. Lisans eğitimini tamamlamasının hemen ardından Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup orta derecede İngilizce bilmektedir.

