

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-FEKE YÖRESİ KARAÇAM MEŞCERELERİNİN KÖK KÜTLESİ VE DEPOLADIĞI  
KARBON MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Abdullah YILDIZ**

**OCAK 2021  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-FEKE YÖRESİ KARAÇAM MEŞCERELERİNİN KÖK KÜTLESİ VE  
DEPOLADIĞI KARBON MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**Orm. Müh. Abdullah YILDIZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 / 01 / 2021**

**Tezin Savunma Tarihi : 25 / 01 / 2021**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nuray MISIR**

**Trabzon 2021**

## ÖNSÖZ

“Saf ve Karışık Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.)) Doğal Meşcereleri için Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi” isimli, 118O311 numaralı TÜBİTAK projesinin bir parçası olan “Adana-Feke Yöresi Karaçam Meşcerelerinin Kök Kütlesi ve Depoladığı Karbon Miktarının Belirlenmesi” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Nuray MISIR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ormancılıkla ilgili her konudakiengin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan, yol gösterici olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet MISIR’a teşekkürü bir borç bilirim. Tezin hazırlanmasında katkısını ve desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hakkı Yavuz’a ve Sayın Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU’na ayrıca teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında engin bilgileri ile desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Selma Yaşar KORKANÇ’a çok teşekkür ederim. Ayrıca arazi çalışmaları katkı sağlayan Feke Orman İşletmesi Müdürü M. Onur LEYLEK’e, İşletme Müdür Yardımcısı Ayhan UYAROĞLU’na, İşletme Şefleri Cankat TOPDEMİR ve Batuhan ŞAHİN’e, İşletme Müdürlüğü Çalışanları Yılmaz KELEŞ’e ve Çoşkun KARATOSUN’a teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda desteklerini gördüğüm Orman yüksek mühendisleri Erhan BÜLBÜL’e, Batuhan Ateş YILMAZ’a ve Moussa Beau-Gars MBOHOU’ya, Orman mühendisi Aytaç SERT’e çok teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin başından ve yazım aşamasına kadar sabırla yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım. Bu çalışmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Abdullah YILDIZ  
Trabzon 2021

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Adana-Peke Yiğirisi Karaam Mecerelerinin Kok Kütlesi ve Depoladığı Karbon Miktarının Belirlenmesi" hakkında bu çalışmamın sonuna kadar danışmanım Prof. Dr. Nuray MISİR'in sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı analizleri ilgili laboratuvarında yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışmamın süresince bilimsel aratuma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim. 25/01/2021

Abdullah YILDIZ

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Küresel İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Tarihsel Gelişimi .....	2
1.2.1. Stockholm Konferansı .....	3
1.2.2. Birinci Dünya İklim Konferansı .....	3
1.2.3. Viyana Sözleşmesi .....	4
1.2.4. Montreal Protokolü .....	4
1.2.5. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin Kuruluşu.....	5
1.2.6. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı .....	6
1.2.7. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS).....	6
1.2.8. Kyoto Protokolü .....	7
1.2.9. Paris Anlaşması .....	8
1.3. İklim Değişikliği ile Mücadele Sürecinde Türkiye.....	8
1.4. Küresel Karbon Döngüsü ve İklim Değişikliğine Etkileri.....	9
1.5. Karbon Havuzları .....	10
1.6. Çalışmanın Amacı .....	12
1.7. Karaçam Türüne İlişkin Genel Bilgiler .....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	19
2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	19
2.2. Materyal .....	22
2.3. Yöntem.....	26

2.3.1.	Arazi Çalışması .....	26
2.3.2.	Laboratuvar Çalışması.....	27
2.3.3.	Karbon Analizi .....	28
2.3.4.	Yetiştirme Ortamı Verim Gücünün Belirlenmesi.....	30
2.3.5.	İstatistiksel Analizler .....	31
3.	BULGULAR .....	32
3.1.	Örnek Alanlara İlişkin Bulgular .....	32
3.2.	Kök Çukuru Yöntemine Göre Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular.....	34
3.2.1.	Kılcal Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular .....	34
3.2.2.	İnce Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular .....	36
3.2.3.	Kalın Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular .....	38
3.2.4.	Toplam Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular .....	40
3.3.	Kök Silindiri Yöntemine Göre Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular.....	42
3.4.	Kök Çukuru ve Kök Silindiri Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	43
3.5.	Kök Çukuru Yöntemine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	44
3.5.1.	Kılcal Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	45
3.5.2.	İnce Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	47
3.5.3.	Kalın Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	48
3.5.4.	Toplam Kök Kütlelerinde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	50
3.6.	Kök Silindiri Yöntemi Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	52
3.7.	Yetiştirme Ortamı Verim Gücü İtibariyle Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular .....	53
3.8.	Meşcere Tiplerine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular.....	56
4.	TARTIŞMA.....	58
4.1.	Kök Kütleleri ve Kök Kütlelerinde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Tartışma ....	58
4.2.	Meşcere Tiplerine Göre Kök Kütlelerinde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Tartışma.....	64
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	66
6.	KAYNAKLAR .....	69
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

ADANA-FEKE YÖRESİ KARAÇAM MEŞCERELERİNİN KÖK KÜTLESİ VE DEPOLADIĞI  
KARBON MİKTARININ BELİRLENMESİ

Abdullah YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Nuray MISIR  
2021, 74 Sayfa

Bu çalışmada Adana-Feke yöresi karaçam meşcerelerinin kök kütlesi ve depoladığı karbon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Adana-Feke yöresinde doğal olarak yayılış gösteren karaçam meşcerelerinde, 80 x 120 cm ebatlarında açılan 17 adet kök çukurundan kök örnekleri alınmıştır. Ayrıca her örnek alandan 2 adet olmak üzere toplamda 34 adet kök silindiri örnekleri alınmıştır. Açılan kök çukurlarında 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm ve 50-80 cm olmak üzere 4 farklı toprak derinlik kademesinde çalışılmıştır. Toprak derinlik kademelerinden çıkarılan kök örnekleri kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (5 mm'den kalın) olmak üzere üç kök sınıfına ayrılmıştır. Kök çukuru yöntemi ile elde edilen köklerin kütleleri kılcal kökte 1286 kg/ha, ince kökte 1431 kg/ha ve kalın kökte 8400 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda kılcal, ince ve kalın kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değiştiği sonucuna varılmıştır ( $P < 0.05$ ). Kök çukuru yöntemi ile elde edilen köklerin içerdiği karbon oranları, kılcal kökte % 40.3, ince kökte % 41.9 ve kalın kökte % 41.9'dur. Kök çukuru yöntemi ile elde edilen köklerin karbon miktarı kılcal köklerde 518 kg/ha, ince köklerde 599 kg/ha, kalın köklerde ise 3518 kg/ha olarak belirlenmiştir. Kök silindiri yöntemi ile elde edilen köklerin kütleleri kılcal kökte 1519 kg/ha, ince kökte 1112 kg/ha ve kalın kökte ise 5115 kg/ha'dır. Bu kütlelerin karbon oranları ise kılcal kökte % 42.6, ince kökte % 40.9 ve kalın kökte ise % 42.2 olarak tespit edilmiştir. Kök silindiri ile elde edilen köklerin karbon miktarı kılcal kökte 647 kg/ha, ince kökte 459 kg/ha ve kalın kökte ise 1042 kg/ha olarak belirlenmiştir. Kök kütleleri arasında örnek alma yöntemine (kök çukuru ve kök silindiri) göre istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karaçam, Adana, Toprak altı biyokütle, Karbon depolama

Master Thesis

SUMMARY

BIOMASS AND CARBON STORAGE CAPACITY IN ROOTS OF BLACK PINE NATURAL  
FOREST STANDS IN ADANA-FEKE REGION

Abdullah YILDIZ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Engineering Department  
Supervisor: Prof. Dr. Nuray MISIR  
2021, 74 Pages

In this study, it was aimed to determine the biomass and carbon storage capacity of natural Black pine (*Pinus nigra*) forest stands in Feke subdivision in Adana region. For this purpose, root samples were taken from 17 root pits opened in 80 x 120 cm dimensions. In addition, a total of 34 root cylinder samples were taken, 2 from each sample area. In the root pits opened, 4 different soil depth levels were studied to know 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm and 50-80 cm. Root samples extracted from soil depth levels are divided into three root classes: Fine (0-2 mm), small (2-5 mm) and coarse (thicker than 5 mm). The masses of the roots taken by the root pit method were determined as 1286 kg/ha in the fine roots, 1431 kg/ha in the small roots and 8400 kg/ha in the coarse roots. As a result of statistical analysis, it was concluded that fine, small and coarse roots mass varies according to soil depth levels ( $P < 0.05$ ). The carbon ratios of the roots taken by the root pit method are 40.3% in the fine roots, 41.9% in the small roots and 41.9% in the coarse roots. The carbon amount of the roots taken by the root pit method was determined to be 518 kg/ha in fine roots, 599 kg/ha in small roots and 3518 kg/ha in coarse roots. The masses of the roots taken by the root cylinder method are 1519 kg/ha in the fine roots, 1112 kg/ha in the small roots and 5115 kg/ha in the coarse root. The carbon ratios of these masses were determined as 42.6% in fine roots, 40.9% in small roots and 42.2% in coarse root. The carbon amount of the roots taken with the root cylinder was determined as 647 kg/ha in the fine roots, 459 kg/ha in the small roots and 1042 kg/ha in the coarse roots. It was concluded that there was no statistical difference between the root masses according to the root sampling methods (root pit and root cylinder).

**Key words:** Black pine, Adana, Below-ground biomass, Carbon storage



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Dünyanın ortalama sıcaklığındaki değişiklikler.....	2
Şekil 2. Küresel ısınmayla mücadele süreci.....	3
Şekil 3. Karaçamın Dünya üzerindeki yayılışı .....	17
Şekil 4. Karaçamın Türkiye üzerindeki yayılışı .....	18
Şekil 5. Araştırma alanı .....	20
Şekil 6. Örnek alanların çalışma alanına dağılımı.....	25
Şekil 7. Kök çukuru örnekleme.....	27
Şekil 8. Kök örneklerinin analize hazırlanması .....	28
Şekil 9. Kalibrasyon dosyasının görünümü .....	29
Şekil 10. Kromotogram dosyasının görünümü .....	30
Şekil 11. Kılcal kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi.....	34
Şekil 12. İnce kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi .....	37
Şekil 13. Kalın kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi.....	39
Şekil 14. Toplam kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi.....	41

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları .....	11
Tablo 2. Planlama birimlerine ait bazı bilgiler .....	21
Tablo 3. Bahçecik planlama birimi işletme sınıfları .....	22
Tablo 4. Sarıpınar planlama birimi işletme sınıfları .....	22
Tablo 5. Örnek alanların konum, meşcere tipi ve yükselti bilgileri .....	24
Tablo 6. Bonitet sınıflaması .....	32
Tablo 7. Örnek alanlara ilişkin bilgiler .....	33
Tablo 8. Örnek alanların yaş ve bonitet sınıflarına dağılımı .....	33
Tablo 9. Kılcal kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	35
Tablo 10. Kılcal kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	36
Tablo 11. İnce kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	37
Tablo 12. İnce kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	38
Tablo 13. Kalın kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	39
Tablo 14. Kalın kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	40
Tablo 15. Toplam kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	41
Tablo 16. Toplam kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	42
Tablo 17. Kök silindiri yöntemi elde edilen ortalama kök kütlesi değerleri .....	43
Tablo 18. Kök çukuru ve kök silindiri yöntemleri ile elde edilen kök kütlelerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon Testi sonuçları .....	44
Tablo 19. Kök çukuru yöntemi ile fizyolojik toprak derinliğinden elde edilen kök kütleleri ve kök silindiri yöntemi elde edilen kök kütleleri arasındaki farklılığa ilişkin Wilcoxon Testi sonuçları .....	44
Tablo 20. Derinlik kademesine göre kılcal köklerde depolanan karbon miktarı .....	45
Tablo 21. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	46

Tablo 22. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları.....	46
Tablo 23. Derinlik kademesine göre ince köklerde depolanan karbon miktarı.....	47
Tablo 24. İnce köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	47
Tablo 25. İnce köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları.....	48
Tablo 26. Derinlik kademesine göre kalın köklerde depolanan karbon miktarı.....	49
Tablo 27. Kalın köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları .....	49
Tablo 28. Kalın köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	50
Tablo 29. Derinlik kademesine göre toplam kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı .....	51
Tablo 30. Toplam kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları.....	51
Tablo 31. Toplam kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları .....	52
Tablo 32. Kök silindiri yöntemine göre köklerde depolanan karbon miktarları .....	53
Tablo 33. Bonitet sınıflarına göre köklerde depolanan karbon miktarları.....	54
Tablo 34. Bonitet sınıfı itibariyle kılcal kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları.....	54
Tablo 35. Bonitet sınıfı itibariyle ince kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları.....	55
Tablo 36. Bonitet sınıfı itibariyle kalın kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları.....	55
Tablo 37. Bonitet sınıfı itibariyle toplam kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları.....	56
Tablo 38. Meşcere tiplerine göre kök kütlelerinde depolanan karbon miktarları .....	57
Tablo 39. Kök kütlelerine ilişkin bazı çalışmalar .....	63
Tablo 40. Kök kütlelerinde depolanan karbon miktarına ilişkin bazı çalışmalar .....	64

## SEMBOLLER DİZİNİ

AFOLU	: Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
COP	: Taraflar Konferansı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
İDKK	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
LULUCF	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
MGM	:Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NASA	:Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
SKD	:Sürdürülebilir Kalkınma Derneği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı

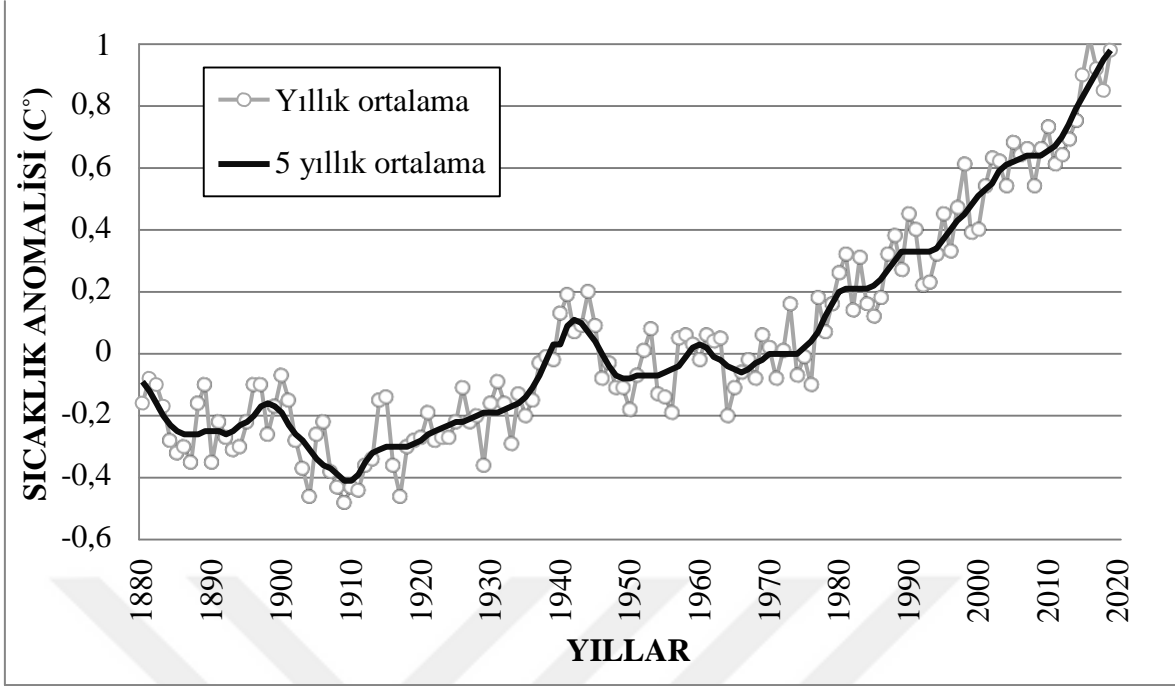
## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Çağımızın en önemli problemlerden biri yeryüzündeki tüm yaşamı etkileyen iklim değişikliğinin zararlı etkileridir. İklim değişikliği; küresel atmosferin bileşimini bozan, doğal nedenlerden kaynaklanan veya insan faaliyetleri etkisiyle iklimde oluşan değişiklikler şeklinde tanımlanmaktadır (BMİDÇS, 1994). Su buharı, karbondioksit, metan, ozon, güldürücü gaz olarak da kullanılan nitroz oksit gibi sera gazları, iklim değişikliğinin oluşmasında asıl faktördür. Bu gazlar yeryüzünden geri yansıyan güneş ışınlarının bir kısmını tutarak tekrar yeryüzüne gönderir. Tıpkı bir battaniye gibi işlev gösteren bu gazlar nedeniyle dünyamızın ortalama sıcaklığı, insanlar, hayvanlar ve bitkilerin hayatını devam ettirebileceği bir ısı düzeyine ulaşır. Sera gazlarının atmosferdeki oranının artması sonucunda kuvvetlenen sera etkisi dünyamızı birçok yönden olumsuz etkileyen küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği olgusunun oluşmasına yol açar.

Özellikle 18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de başlayan endüstri devriminden sonra ormanların tahrip edilmesi, fosil yakıt kullanımının artması, dünya nüfusunun artması, enerji tüketiminin artması ve çarpık kentleşme gibi insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarlarının artışına bağlı olarak dünyanın ortalama sıcaklığında normalden daha fazla bir artış yaşanmıştır (Şekil 1). Bu artışın devam etmesi sonucunda, dünyamızın geleceğinin küresel ısınmanın tehdidi altında olduğu birçok bilim adamı tarafından net bir şekilde ortaya konmuştur. Küresel ısınmanın artması, dünyanın hidrolojik döngüsünde önemli değişiklikler, deniz seviyesinde yükselme, iklim kuşaklarında değişim, deniz ve kara buzullarında erime, salgın hastalıklarda önemli derecede artış, aşırı hava olayları, taşkın ve sellerde daha sık görülme, erozyon, kuraklık, çölleşme, tarım zararlıları gibi insan yaşamını ve sağlığını, ekolojik sistemleri, sosyal ve ekonomik sektörleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecek çok önemli değişikliğe yol açacağı beklenmektedir (IPCC, 2001; Silkin, 2014).

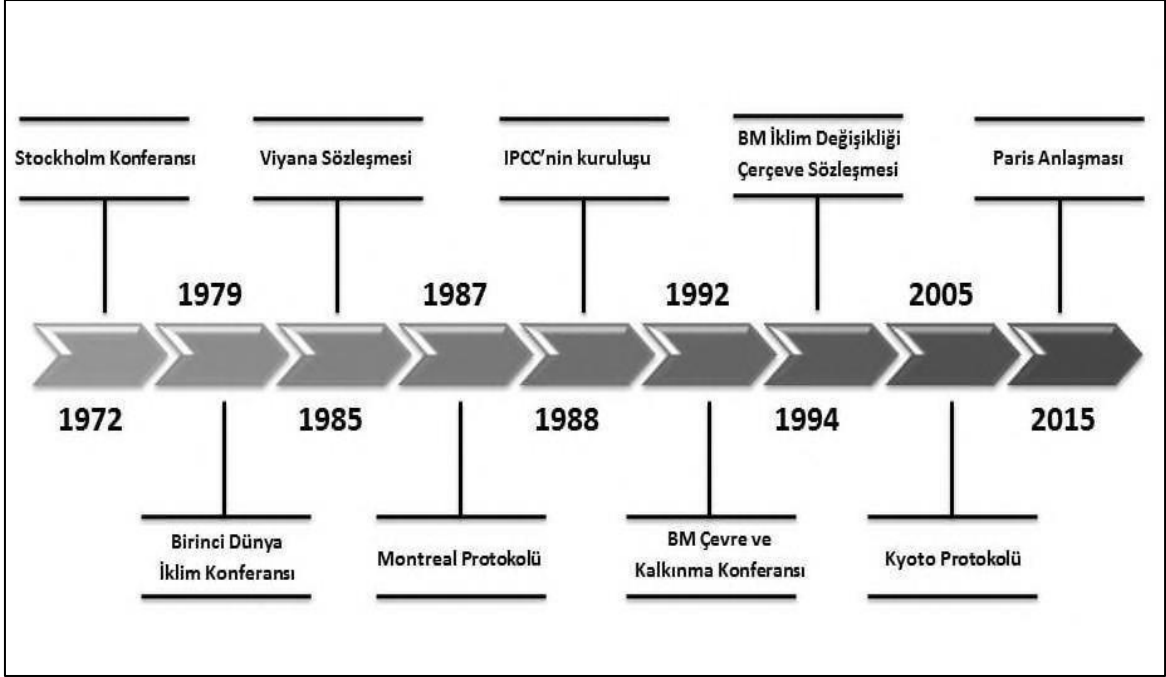
Dünya Meteoroloji Örgütü (2019) tarafından yayınlanan raporda, yaşanan son on yılın (2010-2019) dünya tarihinin en sıcak on yılı olduğu ve dünyanın ortalama sıcaklığının sanayi öncesi döneme göre yaklaşık 1 C° arttığı belirtilmektedir.



Şekil 1. Dünyanın ortalama sıcaklığındaki değişiklikler (NASA'nın 2020 yılı verileri kullanılarak hazırlanmıştır)

## 1.2. Küresel İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Tarihsel Gelişimi

Dünya üzerinde hızlı bir şekilde artan insan nüfusu ile birlikte şehirleşme ve sanayileşmenin gelişmesi, doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde kullanılması sonucunu doğurmuştur. Özellikle ormansızlaşma ve fosil yakıt kullanımı gibi insan aktivitelerinden dolayı atmosfere salınan sera gazı miktarlarında aşırı derecede artış yaşanmıştır. Bu artış sonucunda oluşan sera gazı kaynaklı küresel ısınmanın, dünya üzerindeki canlı hayatının geleceğini tehdit ettiği anlaşıldığından itibaren bunun önlenmesine ilişkin yerel, bölgesel, uluslararası düzeyde konferanslar ve bilinçlendirme çabaları başlatılmıştır. Bu bağlamda öne çıkan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Küresel ısınmayla mücadele süreci

### 1.2.1. Stockholm Konferansı

Küresel ölçekteki çevre problemlerinin ilk defa uluslararası platformda görüşüldüğü Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı 5-16 Haziran 1972 yılında İsveç'in Stockholm kentinde, Türkiye dahil 113 ülkenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Stockholm Konferansı adıyla da bilinen bu konferansın sonucunda Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)'nin kurulmasına karar verilmiş ve 26 ilkeyi içeren Stockholm Bildirgesi kabul edilmiştir. Ayrıca alınan bir kararla konferansın başlangıcı olan 5 Haziran günü, Dünya Çevre Günü olarak ilan edilmiştir ve o tarihten bu yana çevreyle ilgili sorunlara kamuoyunun dikkatini çekmek, halkın katılımını artırmak, doğal çevrenin korunmasını sağlamak ve politik ilgiyi çevre sorunlarının üzerine yoğunlaştırmak amacıyla, çeşitli etkinliklerle dünya genelinde kutlanmaktadır.

### 1.2.2. Birinci Dünya İklim Konferansı

Birleşmiş Milletlere bağlı Dünya Meteoroloji Örgütü'nün organize ettiği Birinci Dünya İklim Konferansı 12-23 Şubat 1979'da Cenevre'de gerçekleştirilmiştir. Bu konferansın en önemli sonucu, iklimle ilgili bilimsel verilerin ve iklim değişikliğinin

boyutunu ve etkilerinin araştırılmasını amaçlayan Dünya İklim Programı'nın oluşturulması olmuştur. Birinci Dünya İklim Konferansı'nda özet olarak "Toplumun ana enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanımının artarak devam etmesi ve orman tahribatının önüne geçilmemesi durumunda, atmosferdeki karbondioksit birikiminin büyük ölçüde artacağı, bunun da küresel iklimde uzun süreli değişikliğe neden olacağı" öne sürülmüştür (Dikmen ve Yörükoğlu, 2003; Gökten vd., 2018).

### **1.2.3. Viyana Sözleşmesi**

Ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımını kısıtlamak için hükümetler arası temaslar 4 yıl sürmüştür. 1981'de başlayan çalışmalar 1985'de ozon tabakasının korunmasını amaçlayan Viyana Sözleşmesi'nin imzalanmasıyla sonuçlanmıştır. Aralarında birçok kloroflorokarbon üreticisi ülkenin de bulunduğu 20 ülke tarafından imzalanan Viyana Sözleşmesi'yle ozon tabakasını incelten ve aynı zamanda da küresel ısınmaya yol açtığı düşünülen kloroflorokarbonların uluslararası platformda denetim ve yönetimi konusundaki uluslararası pazarlıklar başlamıştır. Viyana sözleşmesi, ozon tabakasının sistematik gözlenmesini, kloroflorokarbon üretiminin takibi ve bilgi paylaşımı hususlarında hükümetler arası işbirliğinin sağlanmasını teşvik etmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018a).

### **1.2.4. Montreal Protokolü**

Viyana Sözleşmesi'nin kabulü sonrasında ozon tabakasına zarar veren maddelerin kullanımının ve üretiminin kontrol edilmesini sağlamak amacıyla yeni bir protokol üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. Yapılan çalışmalar, 1987 yılında ozon tabakasına zarar veren maddelere dair bir uluslararası anlaşma olan Montreal Protokolü'nün kabulü ile sonuçlanmıştır. Montreal protokolü, 196 devlet ve Avrupa Birliği tarafından onaylanması nedeniyle geniş çapta benimsenmiş ve uygulanmıştır. Protokolün yürürlüğe girmesinden beri anlaşmaya dokuz kez ekleme yapılmıştır. Bu anlaşma ile önce gelişmiş ülkelerin, daha sonra da gelişmekte olan ülkelerin kloroflorokarbon kullanımını 2030 yılına kadar tamamen durdurması karara bağlanmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın 2014 yılında yayınlamış olduğu raporda Montreal Protokolü'nün bir sonucu olarak, ozon



tabakasındaki incelmelerin zamanla düzeldiği ve 2050-2070 yılları arasında 1980 yılındaki seviyelere dönmesi beklendiği belirtilmektedir (SKD, 2016).

### 1.2.5. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin Kuruluşu

IPCC, Birleşmiş Milletlere bağlı iki örgüt olan, Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından Aralık 1988'de kurulmuştur. Kurulan bu panelin görevi, iklim değişikliği ve küresel ısınma konularında dünya genelinde yapılan bilimsel, teknik, sosyal ve ekonomik çalışmaları derleyip, incelemek ve ortaya çıkan sonucu dünya kamuoyuna ve uluslararası karar mekanizmalarına iletmektir. Her 5 veya 6 yılda bir, dünyanın iklim sisteminin son durumuyla ilgili derleme ve değerlendirme raporlarını basın ve karar vericilerle paylaşmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan raporlardan ilki 1990, ikincisi 1996, üçüncüsü 2001, dördüncüsü 2007, beşincisi 2013 ve altıncısı ise 2018 yılında yayınlanmıştır.

IPCC'nin 2018'de "IPCC 1.5 °C Küresel Isınma Özel Raporu" adıyla yayınladığı 6. değerlendirme raporunda, iklim sorununun aciliyetini gözler önüne sermektedir. Bu raporda öne çıkan bazı başlıklar şu şekildedir:

- İnsan faaliyetleri, dünyanın ortalama sıcaklığının sanayi öncesi döneme göre 1.0 °C artmasına neden olmuştur. Küresel ısınma bu şekilde artmaya devam ederse 2030 ile 2052 yılları arasında dünyanın ortalama sıcaklığındaki artış 1.5 °C'ye kadar çıkacaktır.
- Sanayi öncesi dönemden günümüze kadarki insandan kaynaklı küresel ısınmanın etkileri binlerce yıl devam edecek ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi iklim sistemindeki uzun vadeli değişikliklere neden olacaktır.
- Dünyanın ortalama sıcaklığındaki artışı 1.5 °C ile sınırlandırmak, yaşam alanları ve ekolojik sistemler üzerindeki birçok olumsuz ve kalıcı etkinin önlenmesi anlamına gelmektedir. 1.5 °C sınırı, yoksulluğu önleme ve sürdürülebilir kalkınma yönetiminde kritik öneme sahiptir.
- Küresel emisyonları 2030 yılında, 2010 yılına göre % 45 azaltmak ve 2050 yılında ise sıfır emisyona ulaştırmak, 1.5 °C sınırını aşmamak için gerekmektedir. Bu kapsamda tarım, sanayi, enerji, ulaşım ve şehirleşmede ciddi dönüşümlere gidilmelidir.

- Paris antlaşmasını kabul eden ülkelerin verdiği taahhütler, küresel ısınmadaki artışı 1.5 °C’de sınırlı tutmaya yetmemektedir. Bu ülkelerin en kısa zamanda taahhütlerini yenilemeleri gerekmektedir (IPCC, 2018).

### **1.2.6. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı**

1992 yılında Brezilya’nın Rio de Janeiro kentinde Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı toplanmıştır. Konferansın Rio’da toplanması nedeniyle Rio Konferansı olarak da bilinir. Türkiye’nin üst düzeyde temsil edildiği bu konferans, ormancılık açısından büyük bir öneme sahip olup dünya ormancılığını etkileyecek ve köklü yapısal değişikliklere götüreceği bir sürecin başlangıcı olmuştur.

### **1.2.7. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)**

BMİDÇS, iklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması ve bu amaçla alınacak tedbirler için geliştirmekte olan ülkelere finansman kaynağı ve teknoloji transferi sağlanmasını amaçlamaktadır (Bülbül, 2012). 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren sözleşme bir çerçeve sözleşmesi olarak iklim değişikliğine yönelik genel esasları, kuralları ve yükümlülükleri tanımlar. Uluslararası düzeyde kabul görmesi ve iklim değişikliği ile ilgili ilk çevre anlaşması olması yönünden önemli olsa bile sözleşmeye taraf olan ülkelere karşı yaptırım gücü zayıftır (Kaplan ve Sağlamcı, 2019).

Sözleşmede, küresel iklim değişikliğinin oluşmasında tarihsel sorumluluğu bulunan ülkeler ve Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı üye ülkeleri, gelişmişlik düzeylerine göre EK-I ve EK-II şeklinde iki gruba ayrılmıştır. Sözleşmede, EK-I listesinde yer alan ülkeler için daha sıkı azaltım yükümlülükleri belirtilmiş ve emisyonlarını sınırlamaya, yutaklarını iyileştirmeye yönelik politika ve önlemler geliştirmekle yükümlü tutulmuştur. EK-II listesinde yer alan gelişmiş ülkeler, geliştirmekte olan ülkelere mali kaynak sağlamak, sözleşmeden kaynaklanan yükümlülüklerini yerine getirmelerine yardımcı olmak ve teknoloji transferi için adımlar atmakla yükümlüdür (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b).

BMİDÇS’nin etkin bir biçimde uygulanmasını sağlamak, iklim değişikliğiyle mücadelede yeni metotların geliştirilmesini teşvik etmek, sözleşmenin hedeflerine

ulaşması için gerekli görevleri yürütmek amacıyla, sözleşmenin en üst organı olan Taraflar Konferansı (COP) her yıl toplantılar düzenlemektedir. İlki 1995 yılında Almanyanın Berlin kentinde düzenlenen taraflar konferansının 25.'si İspanya'nın Madrid şehrinde düzenlenmiştir. 2-13 Aralık 2019 tarihinde yapılan 25. Taraflar Konferansı (COP25), 197 ülkeden 26000'den fazla sayıda kişinin katılımıyla gerçekleşmiştir. "İcraat Zamanı" temasıyla gerçekleşen bu konferansta birçok tartışmalı konuda alınacak kararlar 2020 yılında İskoçya'nın Glasgow kentinde yapılacak olan 26. Taraflar Konferansı'na bırakılmıştır.

### **1.2.8. Kyoto Protokolü**

BMİDÇS'nin herhangi bir yasal bağlayıcılığı bulunmadığından, kabulü sonrasında sera gazı emisyonlarında önemli bir düşüş gözlenmemiştir. Bunun sonucunda sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için BMİDÇS'nin yeterli olmadığı kabul edilerek, yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesi ve yasal bağlayıcı bir belge olması amacıyla, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde düzenlenen 3. Taraflar Konferansı (COP3) toplantısında BMİDÇS içerisindeki katılımcı hükümetler tarafından "Kyoto Protokolü" kabul edilmiştir (Aksu, 2011). Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girebilmesi için, 55 ülkenin taraf olması ve bu ülkelerin toplam emisyonlarının da EK-I ülkelerinin toplam emisyonlarının %55'ini aşması koşulu konulmuştur. Rusya'nın da taraf olmasıyla bu koşul sağlanmış ve 16 Şubat 2005 tarihinde protokol yürürlüğe girmiştir.

Kyoto Protokolü'ne göre; Ek-I listesindeki ülkeler, 2008-2012 birinci taahhüt dönemi sonunda sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinin en az %5 altına indirme yükümlülüğünü kabul etmişlerdi. Protokolün ilk taahhüt döneminden farklı olarak 2013-2020 ikinci taahhüt döneminde Ek-I listesinde bulunan tarafların emisyonlarını 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararı alınmıştır. Bu değişiklik 21 Şubat 2019 tarihi itibarıyla henüz yürürlüğe girememiştir. 126 ülke tarafından kabul edilen değişikliğin yürürlüğe girebilmesi için 144 taraf ülke tarafından kabul edilmesi gerekmektedir. Rusya, ABD, Yeni Zelanda ve Japonya ikinci taahhüt döneminde yer almamışlardır. Bu kapsamda küresel iklim değişikliğiyle mücadele, Avrupa Birliği ile bazı küçük gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarının azaltımı konusundaki taahhütlerine bırakılmıştır (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2019).

### 1.2.9. Paris Anlaşması

2015 yılının Aralık ayında Paris’te yapılan 21. Taraflar Konferansı (COP21) iklim zirvesinde, 195 ülke ve Avrupa Birliği temsilcileri tarafından yoğun müzakereler sonucunda kabulüne karar verilen anlaşma 2016’da yürürlüğe girmiştir. Küresel ısınmayı 2100 yılında sanayi öncesi döneme göre 2 ile 1.5 °C arasında sınırlandırmayı hedeflemektedir. Kyoto Protokolü’nde sera gazı emisyonu azaltımı yükümlülüğü sadece gelişmiş ülkelere verilmişti. Paris anlaşmasında ise ülkeler gelişmişliklerine göre sınıflara ayrılmamış, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında tüm taraflar sorumlu tutulmuştur.

Paris Anlaşması’yla birlikte, gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede sarf edecekleri çabanın maddi yükümlülükleri için gelişmiş ülkeler tarafından finansal kaynak sağlanması zorunluluk haline getirilmiştir. Gelişmiş ülkelerin haricindeki diğer ülkeler ise istedikleri takdirde maddi destek sağlayabileceklerdir. “Yeşil İklim Fonu” adıyla oluşturulan bir fonda toplanan bu finansal kaynak, iklim değişikliğinden etkilenen ve mücadele edebilme kapasiteleri düşük olan ülkelerin mücadele kapasitelerini artırmada ve bu ülkelerin ihtiyaç duyabilecekleri diğer tedbirleri geliştirmede kullanılması kararlaştırılmıştır. Gelişmiş ülkelerin 2020 yılından itibaren yeşil iklim fonuna 100 milyar dolar finans sağlaması öngörülmüştür. Bu rakamın taban rakam olacağı ve 2025 yılından itibaren ihtiyaçlara göre güncellenerek devam ettirileceği belirtilmiştir (Yanardağ ve Bozkurt, 2017).

### 1.3. İklim Değişikliği ile Mücadele Sürecinde Türkiye

Türkiye, küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği sorunlarını ciddiyetle ele almış, bu kapsamdaki anlaşma ve sözleşmelere taraf olmuş ve iç hukukunda gerekli düzenlemeleri yapmıştır (Köse, 2018). İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında oluşturulan uluslararası süreçte yer alan Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)’nin hem Ek-I hem de Ek-II listesinde bulunmuştur. Türkiye sözleşmenin genel prensiplerini ve amacını desteklemekle beraber, haksız konumundan dolayı BMİDÇS’ye taraf olmamıştır. Sözleşmenin Ek listelerindeki haksız konumunu değiştirmek için verdiği mücadele sonucunda 7. Taraflar Konferansı’nın 26/CP.7 sayılı kararıyla Türkiye’nin ismi Ek-II listesinden çıkarılıp, özel şartlar tanınarak diğer EK-I ülkelerinden farklı bir konumda Ek-I listesinde yer almıştır. Bu değişikliğin ardından 24 Mayıs 2004 tarihinde

BMİDÇS'ye taraf olmuştur. BMİDÇS'yi yasal olarak daha bağlayıcı hale getirmek amacıyla oluşturulan Kyoto Protokolü'ne ise Türkiye 26 Ağustos 2009 tarihinde taraf olmuştur (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). Türkiye, 2020 yılından sonra Kyoto Protokolü'nün yerine geçecek olan Paris Anlaşması'na ise taraf olmamıştır. Bununla beraber, Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanını 2015'te sözleşme sekreteriyasına sunmuştur. Bu ulusal katkı beyanında sera gazı emisyonlarının 2030 yılındaki öngörülen artışından %21 oranına kadar azaltılması taahhüt edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin 2011-2023 yıllarını kapsayan, iklim değişikliği ile ilgili verdiği taahhütlere uyumlu bir eylem planı bulunmaktadır. Bu eylem planının genel amacı birçok sektörde iklim değişikliği ile mücadele edilmesi ve iklim değişikliğinin olası sonuçlarına karşı önlemler alınmasıdır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı iklim değişikliğini ulusal odak noktası olarak belirlemiş ve iklim değişikliği ile ilgili tüm konularda ulusal koordinasyon görevini yürütmektedir. Bunun yanı sıra, Türkiye BMİDÇS'ye taraf olmadan önce kurumsal yapılanmaya gidilmiş ve 2001/2 sayılı Başbakanlık Genelgesi'yle İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK) oluşturulmuştur. İDKK, yeni üyelerin katılımıyla genişletilmiş ve yeniden yapılandırılarak İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu adını almıştır.

#### **1.4. Küresel Karbon Döngüsü ve İklim Değişikliğine Etkileri**

Karbon, insanlığın geleceğini tehdit ettiği kabul edilen küresel ısınmanın başrol oyuncularından birisidir ve doğada sürekli döngü halindedir. Atmosferdeki karbon sulardaki ya da karalardaki fotosentez yapan canlılar tarafından fotosentez yoluyla bağlanmaktadır. Bağlanan karbon fotosentez yapan canlılarla beslenen hayvanlara besin zinciri aracılığı ile geçmektedir. Karbon bu aşamadan sonra ya solunum yoluyla atmosfere CO<sub>2</sub> olarak dönmekte ya da canlıların ölmesi ile toprakta veya sularda birikmektedir. Organik atıkların buralarda ayrışmasıyla tekrar CO<sub>2</sub> olarak atmosfere ulaşmaktadır (Mısır ve Mısır, 2013).

Küresel karbon döngüsünde önemli rol oynayan karasal ekolojik sistemler karbonu canlı biyokütle, çürüyen organik madde ve toprak içinde depolamaktadır. Karbon doğal olarak fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma olayları vasıtasıyla bu sistemler ile atmosfer arasında yer değiştirmektedir. En fazla karbonun yer değiştirdiği iki döngüden biri

atmosfer ve bitki örtüsü arasında, diğeri ise atmosfer ve okyanus yüzeyi arasındadır (Bıyık ve Civelekoğlu, 2018).

Su buharı hariç, sera gazları içerisinde en yüksek paya sahip olan karbonun fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma gibi nedenler ile atmosfere salınmasıyla havadaki sera gazı oranının artması olayına karbon salınımı ya da karbon emisyonu adı verilmektedir. Her geçen gün artmaya devam eden insan kaynaklı karbon emisyonu, atmosferdeki sera gazı oranının artmasına dolayısıyla günümüzün en büyük problemlerinden biri olan küresel ısınmanın artmasına neden olmaktadır. Küresel ısınma artmaya devam ederse dünya üzerinde yaşayan canlı varlığının geleceğinin tehdit altında olması kaçınılmaz olacaktır.

### **1.5. Karbon Havuzları**

Karbonun dünyadaki birikim alanları karbon havuzları olarak ifade edilmektedir ve en önemli karbon havuzları, atmosfer, karasal ekosistemler ve okyanuslardır. Karbon havuzları içerisinde en büyük karbon birikiminin olduğu karbon havuzu okyanuslar olmakla beraber insan kontrolündeki en önemli karbon havuzu karasal ekosistemlerdir. İnsanlar karbon havuzlarından biri olan karasal ekosistemlere yapmış oldukları müdahaleler ile küresel ısınmanın artmasında veya azalmasında etkin rol oynamaktadırlar (Mısır vd., 2019). Bu nedenle iklim değışikliğini önlemede başvurulan yöntemlerin çoğu karasal ekosistemlere dayandırılmaktadır.

Karasal ekosistemler; Hükümetlerarası İklim Değışikliği Paneli (IPCC)'nin hazırladığı ve sera gazları envanter hesaplamalarında ülkeler tarafından takip edilmesi tavsiye edilen LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) kılavuzunda ekili alanlar, çayır ve mera alanları, yerleşim alanları, sulak alanlar, orman alanları ve diğeri alanlar olmak üzere 6 grup altında ve arazi kullanım sınıfları olarak belirlenmiştir (IPCC, 2003). Karasal ekosistemlerdeki arazi kullanım sınıflarından ormanlar, diğeri arazi kullanım sınıfları göre daha fazla CO<sub>2</sub> depolamaktadır. Bunun nedeni; CO<sub>2</sub>'nin organik madde haline dönüşmesinde bitkilerin yaprak miktarlarının etkili olmasıdır. Bitkiler, yapraklarındaki klorofil yardımıyla güneş ışınlarından aldığı enerjiyi kullanarak havadaki CO<sub>2</sub>'nin organik madde haline dönüşmesini sağlar. Organik maddeye dönüşen karbondioksit orman ekosistemlerinde uzun yıllar tutulur. Bu nedenle orman ekosistemleri, diğeri karasal ekosistemlerde tutulan karbondan çok daha fazla karbon bünyesinde barındırmaktadır. Tüm karasal ekosistemlerde tutulan toprak üstü karasal organik karbonun

% 80'i ve tüm toprak altı karasal organik karbonunun % 40'ı orman ekosistemlerinde depolanmaktadır (IPCC, 2001; Mısır ve Mısır, 2017).

Ormanlar, küresel karbon döngüsündeki rolleri nedeniyle iklim değişikliği üzerinde doğrudan etkilidir ve iklim değişikliğine karşı doğal bir savunma mekanizması oluşturur. Dolayısıyla küresel ısınmayla mücadelede ormanlar ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle mevcut ormanların korunması, bozuk nitelikteki ormanların rehabilitasyonu ve ağaçlandırmayla orman alanlarının genişletilmesi ülkesel ve küresel düzeyde karbon emisyonlarının azaltılması için önem arz etmektedir. Ormanların karbon depolama miktarları sürdürülebilir yönetim, ağaçlandırma ve rehabilitasyon ile artırılabilirken; bozulma, ormansızlaşma ve yanlış yönetim ile de azaltılabilmektedir.

Orman alanlarındaki karbon, ağaçların; dalları, yaprakları, gövdeleri ve köklerinden oluşan canlı biyokütle ile ölü örtü, ölü odun, toprak organik maddesi ve diğer maddelerden oluşan cansız biyokütlenin yanı sıra ormandan hasat edilen orman ürünlerinde depolanmaktadır (Zengin vd., 2007; Mısır vd., 2011). IPCC kılavuzlarına göre orman ekosistemlerindeki karbon havuzları 5 kategoriye ayrılmıştır. Bu karbon havuzları ve havuzlara ilişkin tanımlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları (IPCC, 2006; Serengil, 2018)

<b>Karbon Havuzu</b>	<b>Tanımı</b>
Toprak üstü biyokütle	Toprağın üstünde, hem odunsu hem de otsu bitki örtüsünün tüm biyokütleleridir (saplar, kütükler, dallar, kabuk, tohumlar ve yapraklar da dahil olmak üzere).
Toprak altı biyokütle	Tüm canlı köklerin biyokütleleridir.
Ölü odun	Yerde veya toprakta duran, yatan ve ölü örtü içermeyen tüm cansız odunsu biyokütleyi içermektedir. Ölü ağaç, yüzeyde yatan odun, ölü kökler ve kütüklerin çapı 10 cm'ye eşit veya daha büyük (veya ülkenin belirlediği çapta) olmalıdır.
Ölü örtü	Toprak organik maddesi sınırından (önerilen 2 mm) daha büyük olan tüm canlı olmayan biyokütle ve mineral veya organik toprak içinde veya üzerinde ayrışma hallerinde bulunan ölü odun için seçilen minimum çaptan (örneğin 10 cm) daha az olan ölü odunsu artıklardır.
Toprak organik maddesi	Ülke bazında belirlenen bir derinliğe kadar mineral toprakta bulunan organik karbondur. Belli boyuttan küçük kökler ve ölü organik madde eğer toprak organik maddesinden ayırt edilemiyorsa bu havuzda yer alabilir.

## 1.6. Çalışmanın Amacı

Küresel ısınmaya karşı alınabilecek en önemli önlemlerden biri sera gazı emisyonlarının azaltılmasıdır. Özellikle insan kaynaklı sera gazlarının başında gelen ve sera gazları arasında yüksek bir bulunma oranına sahip olan karbondioksitin atmosfere salınımının sınırlandırılması oldukça önemlidir. Öte yandan Kyoto Protokolü'ne taraf olan ülkeler çeşitli sektörlerdeki sera gazı emisyonlarını, Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu hazırlayarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne bildirmekle yükümlüdürler. Bu bağlamda önemli bir karbon yutağı olan ormanların depoladığı karbon miktarının belirlenmesi gerekmektedir.

Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu kapsamında ormanların karbon depolama miktarları belirlenirken Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanımı (AFOLU) rehberi kullanılmaktadır. Bu rehberde çeşitli sektörlerden kaynaklanan karbon emisyonu veya karbon depolama miktarlarının hesaplanması için 3 yöntem önerilmektedir. Veri kaynağına göre hesaplama gerektiren bu yöntemler; seviye1, seviye2 ve seviye3 olarak adlandırılmaktadır. Minimum veri gerektiren, en basit ve temel yöntem seviye1 yöntemidir. Bu yöntemde karbon emisyonu, küresel ölçekte hesaplanan emisyon faktörü ile tüketim miktarının çarpılmasıyla bulunur. Bir üst seviye hesaplama yöntemi olan seviye2'de ise karbon emisyonu seviye1'deki yaklaşımla hesaplanır. Seviye2 yönteminin seviye1 yönteminden farkı, emisyon faktörünün ülkeye özgü hesaplanan değerlerden elde edilmesidir. En karmaşık ve kesin tahminler veren yöntem seviye3 yöntemidir. Bu yöntemde emisyon faktörü envanter verilerinden veya daha önce geliştirilmiş modeller kullanılarak belirlenmektedir (Ravindranth ve Ostwald, 2007). IPCC'nin önerdiği bu hesaplama yöntemlerinde kullanılan seviye artıka yapılan tahminin güvenilirliği ve doğruluğu artmaktadır. Bu bağlamda, ormanların karbon depolama kapasitesi belirlenirken ülkelerin daha sağlıklı hesaplamalar yapabilmesi için IPCC (2006) tarafından AFOLU rehberinde önerilen bazı katsayıların ağaç türleri bazında yapılacak yerel çalışmalarla güncellenmesi önerilmiştir (Güner vd., 2019).

Türkiye'de AFOLU rehberindeki katsayıların güncellenmesine yönelik birçok araştırmacı tarafından ormanların depoladığı karbon miktarı doğrudan ölçüm ve analizlerle belirleme çalışmaları yapılmıştır. Fakat yapılan çalışmalar genellikle, çalışma zorluğu ve maliyetin fazla olması nedenlerinden dolayı toprak üstü kütle ve bu kütlede depolanan



karbon miktarlarının belirlenmesi ile sınırlı tutulmuştur. Toprak altı kütle ve toprak altı kütlede depolanan karbon miktarının belirlenmesi çalışmalarının oldukça az olması konunun önemini artırmıştır. Bu bağlamda kök kütlesinin belirlenmesine yönelik ilk çalışma Tüfekçioğlu vd. (2002) tarafından Artvin'deki Doğu ladini ve Doğu kayını meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Doğu ladini meşcereleri için kılcal kök kütlesi 11559 kg/ha, ince kök kütlesi 3153 kg/ha ve kalın kök kütlesi 10202 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Doğu kayını meşcereleri için kılcal kök kütlesi 9053 kg/ha, ince kök kütlesi 2517 kg/ha ve kalın kök kütlesi 7015 kg/ha olarak belirlenmiştir. Küçük (2006) Kastamonu yöresinde saf karaçam meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada toplam kök kütlesini 14434 kg/ha olarak belirlemiştir. Yine yöresel bir çalışma olan ve Gümüşhane Torul yöresi saf sarıçam meşcerelerinde kalın kök kütlesini belirlemeye yönelik Kırış (2009) tarafından yapılan çalışmada, derinlik kademelerine göre kalın kök kütlesinin değişimi incelenmiştir. Derinlik arttıkça kalın kök kütlesinin azaldığı ve toplam kalın kök kütlesinin 9272 kg/ha olduğu sonucuna varılmıştır. Edirne Keşan yöresi kızılçam meşcerelerinde kök kütlesini inceleyen Bilmiş (2010), kök kütlesini ortalama 5783 kg/ha olarak belirlemiştir. Yine Edirne yöresinde kızılçam meşcerelerinde çalışan Tüfekçioğlu vd. (2010), kılcal ve ince kök kütlesini sırasıyla 3772 kg/ha ve 1078 kg/ha olarak belirlemişlerdir. Güner vd. (2010), Artvin Murgul yöresi, yalancı akasya ağaçlandırma sahalarında gerçekleştirdikleri çalışmada, toplam kök kütlesini 5856 kg/ha olarak tespit etmişlerdir. Yine Artvin yöresinde Yağcı (2010) tarafından yapılmış çalışmada sık ve seyrek yetiştirilen ve ilk aralama çağına gelen Doğu kayını meşcerelerinin biyokütle özellikleri belirlenmiştir. Sık yetiştirilen kayın meşcerelerinde ortalama kök kütlesi 2290 kg/ha, seyrek yetiştirilen kayın meşcerelerinde ise bu değer 2910 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Yavuz vd. (2010), TÜBİTAK tarafından desteklenen projede, saf ve karışık sarıçam meşcerelerinin kök kütlesini 0-15 cm ve 15-30 cm toprak derinliğine göre ayrı ayrı belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre saf sarıçam meşcereleri için kök kütlesi 0-15 cm toprak derinliğinde 4001 kg/ha, 15-30 cm toprak derinliğinde 5327 kg/ha olarak bulunmuştur. Sarıçam-gökknar karışık meşcereleri için kök kütlesi 0-15 cm toprak derinliğinde 5018 kg/ha, 15-30 cm toprak derinliğinde 4340 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Sarıçam-ladin karışık meşcerelerinde ise kök kütlesi 0-15 cm toprak derinliğinde 4864 kg/ha, 15-30 cm toprak derinliğinde 4499 kg/ha olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada kök kütlesinin yetiştirme ortamı verim gücüne göre değişimi incelenmiş ve en fazla kök kütlesinin 11039 kg/ha ile 2. Bonitet sınıfında bulunduğu belirtilmiştir. Zengin (2010), Giresun'un Alucra

yöresinde saf ve karışık sarıçam meşcerelerindeki kalın kök kütlesini incelemiştir. Bu çalışmada saf sarıçam meşcerelerindeki kalın kök kütlesi 9328 kg/ha, sarıçam-gökmar karışık meşcerelerinde kalın kök kütlesi 9358 kg/ha ve sarıçam-ladin karışık meşcerelerinde kalın kök kütlesi 9362 kg/ha olarak belirlenmiştir. Özdemir (2011), Ardahan Yanlızçam yöresinde saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesini yaş sınıflarına göre değerlendirmiştir. En fazla kök kütlesinin 3. Yaş sınıfında olduğunu belirtmiş ve ortalama toplam kök kütlesini 10851 kg/ha olarak hesaplamıştır. Mısır ve Mısır (2013) tarafından Trabzon Maçka Ormanüstü Planlama Birimi'ndeki saf kayın (*Fagus orientalis* L.) meşcereleri için yapılan çalışmada, kök kütlesinin bakıya göre değişiklik gösterdiği ortaya konulmuştur. Bu çalışmaya göre, kuzeyli bakılardaki saf kayın meşcerelerinin kök kütlesi 17585 kg/ha iken güneyli bakılarda ise bu miktar 18511 kg/ha olarak belirlenmiştir. Kartal (2013), Gümüşhane Torul yöresinde saf kayın meşcerelerinin kılcal, ince ve kalın kök kütlesini derinlik kademelerine göre değerlendirmiş ve sadece kılcal kök kütlesinin derinlik kademesine göre değiştiğini belirtmiştir. Bu çalışmaya göre saf kayın meşcerelerinin toplam kök kütlesi 11142 kg/ha olarak belirlenmiştir. Saranay (2017), Ankara yöresinde genç karaçam meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada toprak üstü ve toprak altı tüm ağaç kütlesini 22.28 ton/ha olarak belirlemiş ve bu kütlenin 3.69 ton/ha'lık kısmının köklerde bulunduğunu belirtmiştir.

Türkiye'de köklerde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik ilk çalışma Tüfekçioğlu vd. (2004) tarafından Doğu kayını ve Doğu ladini meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Doğu ladini meşcerelerindeki kök kütlesinde depolanan karbon miktarı kuzeyli bakıda 6840 kg/ha iken güneyli bakıda 7860 kg/ha olarak belirlenmiştir. Doğu kayını meşcerelerinde ise bu miktarlar kuzeyli bakıda 5200 kg/ha, güneyli bakıda 6690 kg/ha olarak saptanmıştır. Bir başka çalışmada Tüfekçioğlu ve Güner (2008) Artvin'in Murgul yöresindeki yalancı akasya ağaçlandırmalarında kök kütlesinde depolanan karbon miktarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 12 adet toprak profili açılmış ve bu profillerdeki kalın köklere (5 mm<) ait karbon depolama miktarı toprak derinlik kademelerine göre belirlenmiştir. Kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 1590 kg/ha olarak saptanmıştır. Kalın köklerde depolanan karbon miktarının derinlik arttıkça önemli ölçüde azaldığı sonucuna varılmıştır. Çömez (2010) "Sündiken Dağlarındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi" adlı doktora tez çalışmasında, sarıçam meşcerelerinin kök kütlesindeki karbon depolama miktarını meşcere tipleri bazında ele almıştır. Kök kütlesindeki karbon miktarının en az

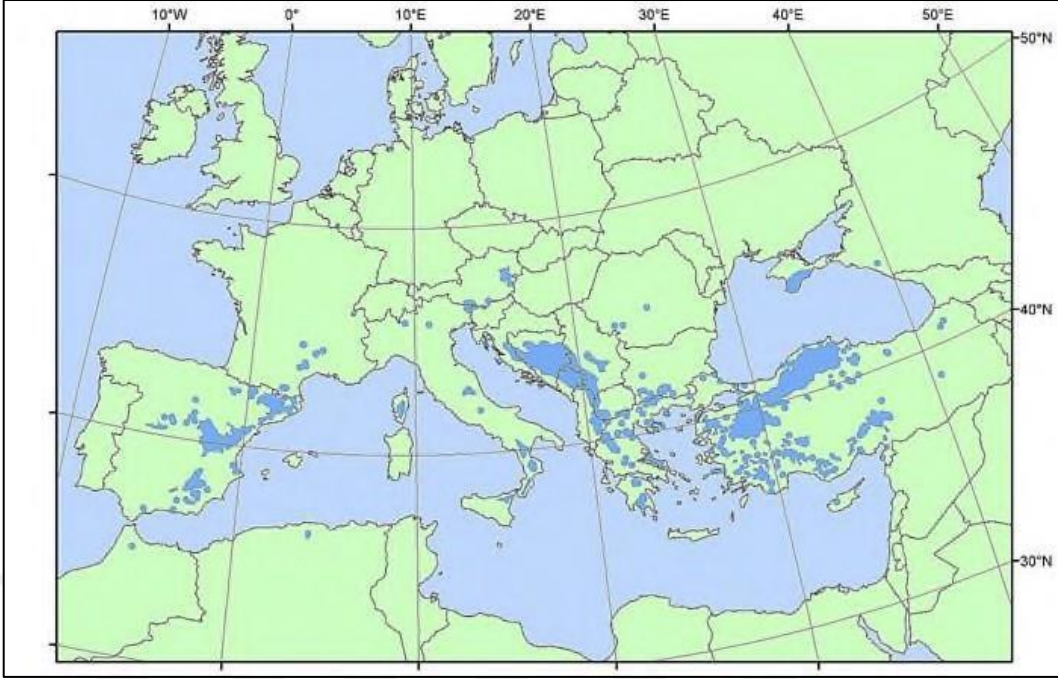
Çsa meşcerelerinde (1680 kg/ha), en fazla Çsd3 meşcerelerinde (33450 kg/ha) depolandığını belirtmiştir. Yavuz vd. (2010), TÜBİTAK tarafından desteklenen projede, saf ve karışık sarıçam meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarını belirlemiştir. Bu çalışmada sarıçam meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarı kılcal kökte 2.03 ton/ha ile 2.49 ton/ha arasında, ince kökte 0.64 ton/ha ile 0.96 ton/ha arasında, kalın kökte ise 1.29 ton/ha ile 2.82 ton/ha arasında değişiklik göstermektedir. Mısır ve Mısır (2012) Batı Karadeniz göknarı meşcereleri için kök kütlesinde depolanan karbon miktarını tahmin etmeye yönelik çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada kılcal, ince ve kalın köklerde depolanan karbon miktarları sırasıyla 1620 kg/ha, 1640 kg/ha ve 2950 kg/ha olarak belirlenmiştir. Yine Mısır ve Mısır (2013) tarafından Trabzon Maçka Ormanüstü Planlama Birimi'ndeki saf kayın (*Fagus orientalis* L.) meşcereleri için yapılan çalışmada, kök kütlesinde depolanan karbon miktarının bakıya göre değişiklik gösterdiği ortaya konulmuştur. Bu çalışmaya göre, kuzeyli bakılardaki saf kayın meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 4682 kg/ha iken güneyli bakılarda ise bu miktar 5031 kg/ha olarak belirlenmiştir. Karataş vd. (2017) Sedir ağaçlandırma alanlarının karbon depolama miktarlarını belirlemek amacıyla Eskişehir ve Afyonkarahisar yörelerinden gelişim çağı, verim sınıfı ve kapalılık bakımından farklılık gösteren 40 örnek alanda çalışma yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada sedir ağaçlandırmaları için karbon depolama miktarını farklı meşcere tiplerine göre ele almışlardır. Bu çalışmaya göre sedir meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarları, Sa meşcerelerinde 580 kg/ha, Sa3 meşcerelerinde 2160 kg/ha, Sb2 meşcerelerinde 5450 kg/ha, Sb3 meşcerelerinde 9350 kg/ha, Sc2 meşcerelerinde 15050 kg/ha ve Sc3 meşcerelerinde 19380 kg/ha olarak belirlenmiştir. Güner ve Çömez (2017) karaçam ağaçlandırma sahalarında kök kütlesindeki karbon depolama miktarını belirlemeye yönelik çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 9640 kg/ha olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada Güner vd. (2019) tarafından sahil çamı ağaçlandırma sahalarında depolanan karbon miktarı değişimleri araştırılmıştır. Bu çalışmada kök kütlesinde depolanan karbon yüzdesi % 48.8 olarak belirlenmiştir.

Türkiye orman varlığının % 19'una karşılık gelen karaçam türünün doğal meşcerelerinin köklerinde depolanan karbon miktarına ilişkin herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda, Türkiye genelinde çalışmaları devam eden "Saf ve Karışık Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.)) Doğal Meşcereleri için

Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi” isimli TÜBİTAK projesi özgün değer taşımaktadır ve bu konudaki eksikliği giderici niteliktedir. Bu projenin bir parçası olan Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarının belirlenmesi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, *i*) kök çukuru yöntemi ile farklı derinlik kademelerinden alınan kök ler kılcal, ince ve kalın olmak üzere üç sınıfa ayrılarak bu kök sınıflarının kütleleri ile kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi, *ii*) kök silindiri yöntemi ile alınan kök örnekleri kılcal, ince ve kalın olmak üzere üç sınıfa ayrılarak bu kök sınıflarının kütleleri ile karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, *iii*) kök örneklemesinde kullanılan kök çukuru ve kök silindiri yöntemlerinin kök kütlesi bakımından karşılaştırılması, *iv*) kök çukuru yöntemi ile farklı toprak derinlik kademelerinden alınan köklerin kütleleri ile bu kütlede depolanan karbon miktarlarının derinlik kademelerine göre değişip değişmediği, *v*) yetiştirme ortamı verim gücünün kök kütlesinde depolanan karbon miktarına etkisi ve *vi*) kılcal, ince, kalın ve toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### **1.7. Karaçam Türüne İlişkin Genel Bilgiler**

Karaçam (*Pinus nigra* L.) genellikle dağlık bölgelerde bulunan, Avrupa ve Asya'da geniş ama dağınık bir dağılıma sahip, hızlı büyüyen kozalaklı bir türdür. Güney Avrupa'daki ekonomik açıdan en önemli kozalaklı ağaçlardan birisidir. Ahşabı dayanıklıdır, reçine bakımından zengindir ve işlenmesi kolaydır. Bundan dolayı iç mekan döşeme, genel inşaat ve mobilya gibi sektörlerde kullanımı uygundur. Kirliliği önleyebilme yeteneğinin yanı sıra ilginç görsel formu nedeniyle, kentsel ve endüstriyel bağlamda bir süs bitkisi olarak kullanılır. Karaçam bir ışık ağacı olması nedeniyle gölgeye dayanıksızdır, ancak rüzgara ve kuraklığa dayanıklıdır. Toprak erozyonunu ve heyelanların kontrolünde oldukça etkilidir. Ağaçlandırma alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3. Karaçamın Dünya üzerindeki yayılışı (URL-1)

Karaçamın her biri toprak ve iklim açısından belirli habitat koşullarına sahip dünya üzerinde doğal yayılış gösteren;

1. *Pinus nigra* subsp. *nigra* (Hoess) Badaux (Avusturya karaçamı)
2. *Pinus nigra* subsp. *calabrica* Schneid (Kalabriya karaçamı)
3. *Pinus nigra* subsp. *laricio* Suring (Korsika karaçamı)
4. *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco (Pirene karaçamı)
5. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* Schneid (Anadolu karaçamı) adında çeşitli alt türleri

bulunmaktadır (Yaltırık, 1993; Mısır, 2003).

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde bulunur (Şekil 4). Coğrafi olarak en geniş yayılışa sahip ibrelili türdür. 22 740 297 ha Türkiye orman varlığının 4 354 821 ha'lık kısmını saf veya karışık karaçam ormanları oluşturur (OGM, 2019). Anadolu karaçamı, ülkemiz ormancılığında ekonomik değer bakımından oldukça önemli bir türdür. Yaşlı karaçam ağaçlarının kalın, boz renkli ve derin çatlaklı kabukları vardır. 40 m'ye kadar boy 1 m'den çok çap yapabilen silindirik şeklinde düzgün gövde yapısına sahiptirler. Tepe yapısı genelde azman yapma eğilimindedir, yüksek rakımlardaki sık meşcerelerde tepesi dar ve küçüktür. Hızlı büyüyen türlerden olan Anadolu karaçamı, Türkiye'de 400 ila 2100 m yüksekliklerde yayılış gösterir. Toprak istekleri bakımından oldukça kanaatkârdır. Derin topraklarda kazık kök,

sığ ve sert topraklarda kalp kök sistemini oluşturur. Saf ormanları yangın ve kar zararlarına karşı dirençsizdir, fırtına zararlarından olumsuz etkilenir. Karaçam odunları sert, dayanıklı, reçineli ve işlenmesi kolay olduğundan yapı malzemesi olarak sıkça tercih edilir.



Şekil 4. Karaçamın Türkiye üzerindeki yayılışı

Anadolu karaçamı Türkiye’de bozkıra en çok sokulan ağaç türüdür. Trakya, Karadeniz’ in doğusu hariç tüm Karadeniz, Marmara, Ege, İç ve Doğu Anadolu’da doğal olarak bulunur. Kuzey Anadolu dağlarının içe dönük yamaçlarında, Batı Anadolu ve özellikle Güney Anadolu’da Toroslarda çok güzel ormanlar oluşturmaktadır. Bu yayılışında ya saf ya da kızılçam, sarıçam, sedir, ardıç, göknar, kayın ve meşelerle karışık meşcereler kurar. Dursunbey’in Alaçam ormanları, Kütahya’nın Tavşanlı ormanları, Adana’nın Pos ormanları karaçamın en iyi meşcereler kurduğu alanlardır. Yine Boyabat Elek dağlarında, Kargı ve Tosya yörelerinde güzel karaçam ormanları bulunmaktadır (Kayacık, 1980; Mısır, 2003).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Bu çalışmada Türkiye'nin güneyinde yer alan Adana Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Feke Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki Bahçecik ve Sarıpınar planlama birimleri araştırma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 5). Birbirine bitişik olan bu iki planlama birimi  $37^{\circ}47'34''$  ile  $40^{\circ}04'53''$  kuzey enlemleri ve  $35^{\circ}41'16''$  ile  $35^{\circ}52'01''$  doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bu planlama birimlerinin kuzeyinde Develi ve Tomarza, batısında Mansurlu ve Burhaniye, güneyinde Maran ve doğusunda Gedikli Planlama Birimleri bulunmaktadır. Bahçecik ve Sarıpınar planlama birimlerinin deniz seviyesine olan yüksekliği 800 m (Süphandere) ile 2721 m (Bakırdağı) arasında değişiklik göstermektedir. Feke Orman İşletme Müdürlüğü planlama birimi sınırları 2019 yılında yeniden düzenlenmiş, bazı planlama birimlerinin sınırları değiştirilmiş ve yeni planlama birimleri eklenmiştir. Çalışma alanı olan Bahçecik ve Sarıpınar planlama birimlerinin sınırlarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.





Şekil 5. Araştırma alanı

Çalışmaya konu Adana-Feke yöresinde tipik Akdeniz iklimi görülür. Bu bölgede yaz mevsimi kurak ve sıcak, kış mevsimi ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü verilerine göre son 90 yılın en yüksek sıcaklığı 1958 yılının ağustos ayında 45.6 C° olarak, en düşük sıcaklığı ise 1964 yılının ocak ayında -8.1 C° olarak ölçülmüştür (MGM, 2020).

Çalışma alanı konumu itibariyle İskenderun körfezinin tam karşısında yer alması, deniz seviyesinden gelen nemli ve ılık havanın bölge sınırları içine kadar sokulması, yağış ve sıcaklık bakımından olumlu etki yaratmaktadır. Bölgede meydana gelen yağışlar genellikle yamaç yağışları ve gezici hava kütlelerinin karşılaşması ile oluşur. Yıllık



ortalama yağış miktarı 671.3 mm'dir. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü verilerine göre son doksan yılın ortalama yağışlı gün sayısı 75'dir. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında düşer, yaz aylarında havanın nemle yüklü olmasına rağmen, hiç yağış düşmediği görülmüştür.

Adana yöresinde yükselti ve yüzey şekillerine göre iklim şartları çok değişir. Örneğin yağışlar dağlık kesimlerde düz alanlara göre çok fazladır. Kar yağışı ovalarda ender olarak görülmesine karşın dağlık alanlarda erken başlar ve bazen aylarca devam ettiği görülür. Genellikle engebeli arazilerden oluşan bölgede Akdeniz ikliminin tipik bitki örtüsü görülmektedir. Çok geniş bir orman alanına sahip bu bölgede orman ağaçlarının yanı sıra ceviz, şeftali, armut, elma, hurma, nar, kiraz, kavak, dut, maya (incir), zeytin, kayısı, ayva, erik, fındık, antep fıstığı ve asma gibi meyve ağaçları insan eliyle yetiştirilmektedir. Bu ağaçlar yöre ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Yörede yerleşik yaşayan insanların geçim kaynağı büyük oranda tarım ve hayvancılıktır ve buna ek olarak ormanlardan orman ürünleri ihtiyacını karşılama, sınırlıda olsa otlatma ve orman işçiliği biçiminde yararlanılmaktadır.

Çalışma alanı olarak seçilen Bahçecik ve Sarıpınar planlama birimlerinin toplam alanı 28287.2 ha'dır. Toplam planlama birimleri alanının 20938.0 ha'lık kısmı ormanlık alandır. Bu ormanlık alanlarda hakim ağaç türleri karaçam, sedir ve meşedir. Bu türlerin yanı sıra kızılçam, ardıç, göknar, kızılağaç ve kayın türleri de çalışma alanında doğal olarak yayılış göstermektedir. Toplam ormanlık alanın % 33'ünde bu çalışmaya da konu olan karaçam türü saf olarak yayılış göstermektedir.

Tablo 2. Planlama birimlerine ait bazı bilgiler

Planlama Birimi	Ormanlık Alan	Ormansız Alan	Yıllık Eta	Saf Karaçam Meşcereleri Alanı	Saf Sedir Meşcereleri Alanı	Saf Meşe Meşcereleri Alanı	Diğer Meşcerelerin Alanı
	ha	ha	m <sup>3</sup>	ha	ha	ha	ha
Bahçecik	13702.1	4340.5	16995	4248.4	2838.7	1219.0	5396.0
Sarıpınar	7235.9	3008.7	7959	2667.2	712.4	915.8	2940.5
Toplam	20938.0	7349.2	24954	6915.6	3551.1	2134.8	8336.5

Planlama birimi alanları amenajman planlarında işletme şekli, orman formu, işletme amaçları, idare süresi, ağaç türü, arazi yapısı, yetiştirme ortamı verim gücü, transport gibi faktörler dikkate alınarak işletme sınıflarına ayrılmıştır. Bu işletme sınıfları Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Bahçecik planlama birimi işletme sınıfları

İşletme Sınıfı	İdare Amacı	Verimli Orman Alanı ha	Verimsiz Orman Alanı ha	Ormanlık Alan Toplamı ha
A	Kızılçam En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	878.9	189.8	1068.7
B	Karaçam En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	4452.9	827.9	5280.8
C	Sedir En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	2531.0	463.0	2994.0
D	Sedir+Kızılağaç Gen Koruma Ormanı	78.7	2.3	81.0
E	Karaçam Tohum Meşçeresi	106.4	10.5	116.9
F	Karaçam+Sedir+Kızılçam Toprak Koruma	1159.5	3001.2	4160.7
Toplam		9207.4	4494.7	13702.1

Tablo 4. Sarıpınar planlama birimi işletme sınıfları

İşletme Sınıfı	İdare Amacı	Verimli Orman Alanı ha	Verimsiz Orman Alanı ha	Ormanlık Alan Toplamı ha
A	Kızılçam En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	245.9	106.8	352.7
B	Karaçam+Sedir+Gökmar En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	3185.8	436.2	3622.0
C	Karaçam+Sedir+Gökmar Toprak Koruma	1639.9	1621.3	3261.2
Toplam		5071.6	2164.3	7235.9

## 2.2. Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Bahçecik ve Sarıpınar planlama birimlerine ait 1/25000 ölçekli eşyükselti eğrili topoğrafik haritalar (L35c4, L35d3, M35a2, M35a3, M35b1, M35b4) araştırma alanı yerini gösterir harita ile örnek alanların çalışma alanına

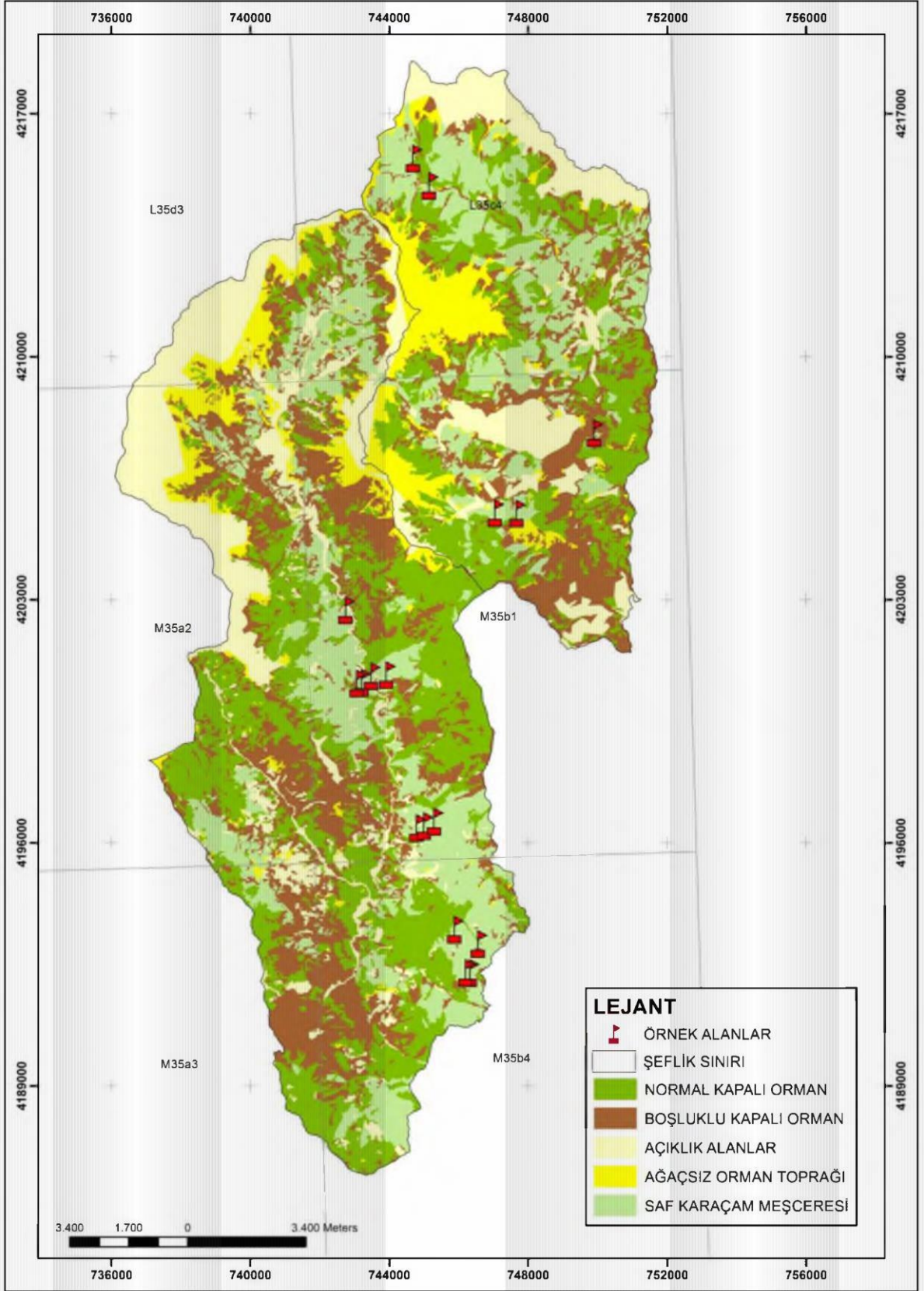
dağılımı haritalarının yapımında ve arazide örnek alanların yerinin tespitinde kullanılmıştır. Her bir örnek alanda çap ölçümleri ile yetişme ortamı verim gücünü belirlemek için yaş ve üst boy ölçümleri yapılmıştır. Her yaş sınıfından ve aynı yaş sınıfı içerisinde her yetişme ortamı verim gücünden olabildiğince eşit sayıda olacak şekilde 17 adet örnek alan alınmıştır. Kök kütlesi ile köklerde depolanan karbon miktarının belirlenmesi için iki farklı kök örnekleme yapılmıştır. Bunlardan birincisi kök çukuru yöntemi iken diğeri kök silindiri yöntemidir. Her örnek alanda 1 adet kök çukuru açılmıştır. Kök çukurunun boyunu ve toprak derinlik kademelerini belirlemek için şerit metre, kalın kökleri kesmek için balta, ince ve kılcal kökleri kesmek için bağ makası kullanılmıştır. Açılan kök çukurlarının farklı derinlik kademelerinden (0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm) 179 adet kök alınmıştır. Alınan köklerin dağılıp karışmadan laboratuvara taşınmasını sağlamak için farklı ebatlarda polietilen poşetler kullanılmıştır. Kök silindiri yöntemi ile her örnek alanda 2 noktada kök silindiri örneği alınmış olup, toplamda 34 adet kök silindiri örneği elde edilmiştir. Kök örneklerinin karışmaması için önceden hazırlanmış, üzerinde yer bilgileri, profil numarası, örnekleme tarihi, derinlik kademesi gibi bilgilerin yazılı olduğu etiketler kullanılmıştır. Costech marka elementel CHNS-O analiz cihazı çalışmanın çeşitli aşamalarında kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarına başlamadan önce, planlama birimleri orman amenajman planı verileri kullanılarak karaçam türünün yayılış gösterdiği saf karaçam meşcereleri belirlenmiştir. Bu meşcerelerden her yaş sınıfından olabildiğince eşit sayıda ve aynı yaş sınıfında da her yetişme ortamı verim gücünden olabildiğince eşit sayıda olacak şekilde örnek alanlar alınmasına özen gösterilmiştir. 9 farklı meşcere tipinden toplamda 17 adet örnek alan seçilmiştir. Örnek alan seçiminde yol kenarından, bozulmuş alanlardan, yeryüzü şeklinin aşırı değiştiği alanlardan olmamasına özellikle dikkat edilmiştir (Kantaracı, 2005; Çömez, 2010). Örnek alanlara ilişkin bazı özellikler Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5. Örnek alanların konum, meşcere tipi ve yükselti bilgileri

Örnek Alan No	Planlama Birimi	X Koordinat	Y Koordinat	Meşcere Tipi	Yükselti (m)
1	Bahçecik	743522	4200794	Çka0	1137
2	Bahçecik	743960	4200826	Çkcd1	1144
3	Bahçecik	743252	4200601	Çkb3	1226
4	Bahçecik	743110	4200587	Çkab3	1256
5	Bahçecik	746375	4192250	Çkd3	1372
6	Bahçecik	746248	4192255	Çkcd1	1325
7	Bahçecik	746602	4193084	Çkab3	1280
8	Bahçecik	745922	4193499	Çkab3	1278
9	Bahçecik	744830	4196423	Çkcd3	1365
10	Bahçecik	745046	4196480	Çkcd3	1353
11	Bahçecik	745335	4196611	Çkab3	1325
12	Bahçecik	742784	4202691	Çka3	1191
13	Sarıpınar	744726	4215708	Çkd2	1656
14	Sarıpınar	745190	4214918	Çkbc3	1524
15	Sarıpınar	747715	4205480	Çkd3	1464
16	Sarıpınar	747092	4205494	Çkd3	1392
17	Sarıpınar	749940	4207790	Çkb3	1017

Araştırma alanı olarak belirlenen Bahçecik planlama biriminden 12 adet, Sarıpınar planlama biriminden ise 5 adet örnek alan seçilmiştir. Seçilen örnek alanların koordinat bilgileri WGS 1984 UTM Zone 36 N datumda belirlenerek haritaya işlenmiş ve yerleri Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Örnek alanların çalışma alanına dağılımı

## 2.3. Yöntem

### 2.3.1. Arazi Çalışması

Arazi çalışmalarına 28 Haziran 2019 tarihinde başlanmıştır. Örnek alanlarda örnek alanların büyüklüğü meşcere kapalılığına göre belirlenmiştir. Her örnek alanda koordinat değerleri, örnek alan büyüklüğü, meşcere tipi ile örnek alandaki ağaçların çap, boy ve yaş ölçümleri Örnek Alan Envanter Karnesine kayıt edilmiştir. Örnek alanlarda kök örnekleme hem 6.4 cm çapında 30 cm boyunda kök silindiri ile hem de kök çukuru açma yöntemi ile yapılmıştır. Her örnek alandan yeri rasgele yöntemle belirlenen iki noktada kök silindiri çakılarak kök silindiri örnekleri alınmıştır. Alınan kök silindiri örnekleri laboratuvara götürülmek üzere etiketlenerek polietilen torbalara konulmuştur. Örnek alanda yapılan çap ölçümleri yardımıyla meşcere orta ağacı belirlenmiş ve kazılacak kök çukurunun bir köşesinin bu ağaca yakın olmasına dikkat edilmiştir. Ebatları 80 x 120 cm olarak belirlenen kök çukurunun üzerindeki ölü örtü kazma yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Toprak derinliğindeki kök kütlesi ile kök kütlesinde depolanan karbon miktarı değişimini ortaya koymak için 0-10, 10-30, 30-50 ve 50-80 toprak derinlik kademelerinde çalışılmıştır. İlk olarak 10 cm derinliğe kadar kazılıp, 0-10 cm derinlik kademesinden çıkan tüm kökler topraktan seçilerek polietilen poşetlere konulmuştur. Ardından 30 cm derinliğe kadar kazılmaya devam edilerek, 10-30 cm derinlik kademesinden çıkan topraktaki tüm köklerde seçilerek poşetlenmiştir. Bu uygulama 30-50 cm ve 50-80 cm derinlik kademelerinde de aynı şekilde yapılmıştır (Şekil 7). Belirlenen kök çukuru boyutlarının dışına çıkılmamasına özellikle dikkat edilmiştir. Bu şekilde örnek alanlardan alınan kök örnekleri her toprak derinlik kademesi ayrı ayrı olacak şekilde laboratuvara götürülmek üzere etiketlenerek polietilen torbalara konulmuştur. Etiketlerin ıslanıp yazılarının silinmesini ve yırtılmasını önlemek için polietilen torbalara konulan kökler tekrardan ayrı bir polietilen torbaya konulmuş ve iki polietilen torbanın arasına etiket yerleştirilmiştir.



Şekil 7. Kök çukuru örnekleme

### 2.3.2. Laboratuvar Çalışması

Arazi çalışmasından elde edilen ve laboratuvara getirilen kökler bekleme süresinde küflenip bozulmasını önlemek için polietilen torbaların ağızları iyice açılarak hava alması sağlanmıştır.

Köklerin yaş ağırlıkları mevsime ve iklim koşullarına göre değişiklik göstereceğinden dolayı tüm analizlerde fırın kuru ağırlıkların kullanılması tercih edilmiştir. İlk olarak köklerin üzerindeki toprak ve diğer kalıntıların kolaylıkla temizlenebilmesi için 24 saat suda bekletilerek gevşetilmiştir. Sonra tek tek leğenlerde yıkanarak toprak ve diğer materyallerden temizlenip önceden hazırlanmış kağıtlar üzerine serilmiştir. Kökler bu kağıtlar üzerinde hava kuru hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (> 5 mm) olmak üzere tek tek çap ölçümü yapılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış kökler, 0.001 gr hassasiyetindeki terazide tartılarak 65 °C’ de değişmez ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulup fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kuru hale getirilmiş kökler, makas, balta ve keser yardımıyla inceltildikten sonra öğütme makinelerinde öğütülerek toz haline getirilmiştir.





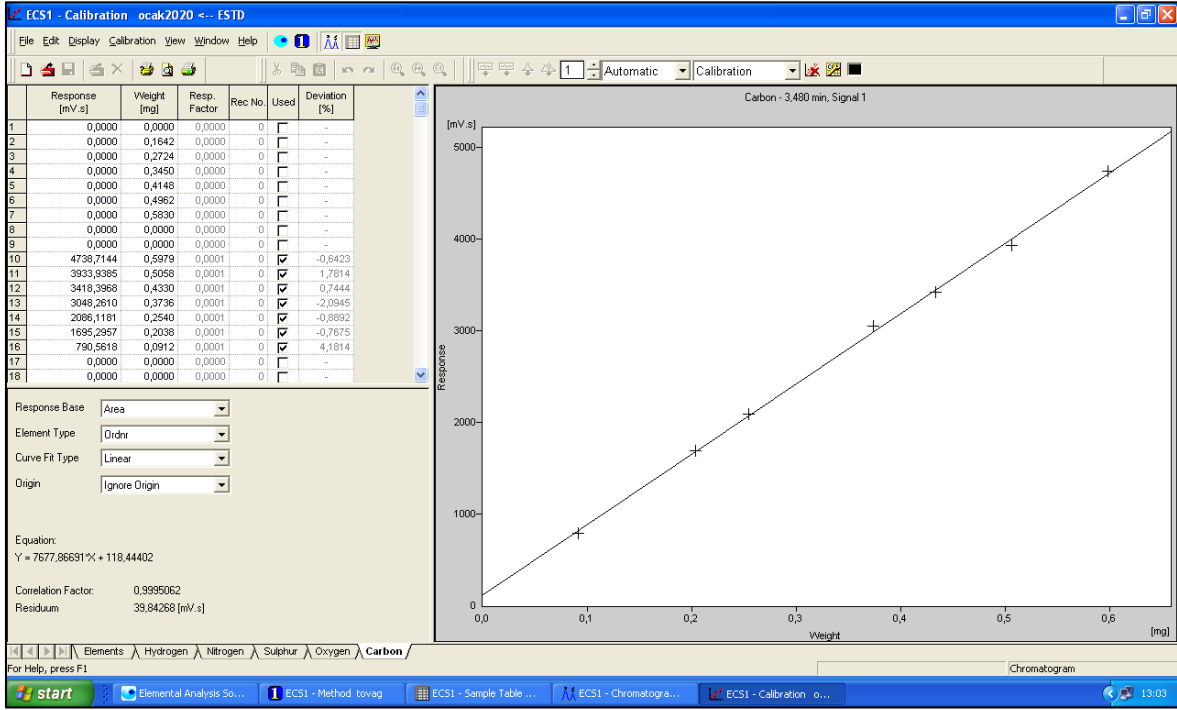
Şekil 8. Kök örneklerinin analize hazırlanması

### 2.3.3. Karbon Analizi

Öğütülerek 1 mm'den daha ince hale getirilen kök örneklerinin içerdikleri karbon oranını belirlemek amacıyla, Karadeniz Teknik Üniversitesi Hasılat Laboratuvarında mevcut olan COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz Cihazı kullanılmıştır. Bu analiz cihazı belli bir kütlenin içerdiği karbon, hidrojen, azot ve kükürt oranını kuru yakma yöntemiyle belirlemektedir. Analiz için cihaza bağlı helyum, oksijen ve azot gazı tüpleri bulunmaktadır. Bu gazlardan helyum gazı taşıyıcı olarak, oksijen gazı örnekleri yakmak

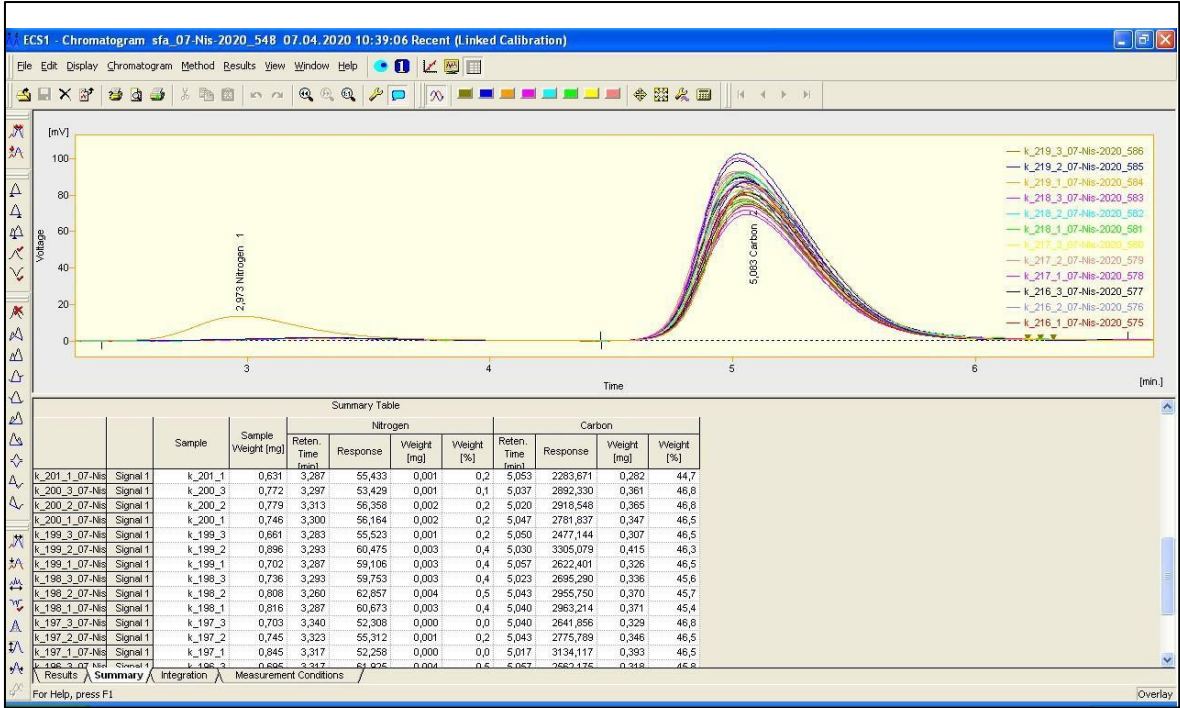


için, azot gazı ise otomatik örnekleyicinin (autosampler) hareketi için kullanılmaktadır. Elementel Analiz Cihazı N, CN, CHN, CNS ve CHNS gibi farklı yapılandırmalarda analiz yapmaktadır. Bu çalışmada, çalışmanın amacına uygun olan CN yapılandırması seçilmiş ve bu yapılandırmaya göre kalibre edilmiştir. Kalibrasyon dosyasının görünümü şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Kalibrasyon dosyasının görünümü

Seçilen yapılandırmaya göre bir örneğin analizi için gereken süre 4 dakikadan 30 dakikaya kadar değişebilmektedir. CN yapılandırmasında bir örneğin analizi için gerekli süre 8 dakika olarak ayarlanmıştır. Sonraki aşamada her örnekten 3 tekrarlı olacak şekilde 0.6 ile 1.0 mg arasında ağırlıkta örnek tartılarak tin kapsül içine koyulmuştur. Kapsüldeki örneklerin dökülmesini önleyecek şekilde kapsülün ağzı kapanmıştır. Bu şekilde hazırlanan kapsüller cihazın otomatik örnekleyicisine (autosampler), bilgisayardaki örnek sırasına göre yerleştirilmiştir. Analiz için gerekli fırın sıcaklığına (1030 °C) getirilen cihazın çalışması başlatılmıştır. Analiz süreci bilgisayar yazılımı yardımıyla kromatogramlar üzerinden anında takip edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Kromotogram dosyasının görünümü

Örneklerin sıra ile yanması sağlanmış ve içerdikleri karbon miktarı belirlenmiştir. Analiz sonuçları ağırlık (mg) ve yüzde (%) cinsinden iki şekilde elde edilmiştir.

Örnek alanlardan alınan tüm örneklerin yıkama, kurutma, öğütme ve analizi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Hasılat Bilgisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

### 2.3.4. Yetiştirme Ortamı Verim Gücünün Belirlenmesi

Bir meşcerenin belirli bir yaşta yapabileceği üretim miktarı o meşcerenin yetiştirme ortamı verim gücü veya boniteti olarak adlandırılmaktadır. Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan iki farklı yöntem mevcuttur. Bunlardan birincisi yetiştirme ortamı özelliklerinden yararlanan doğrudan yöntemler, ikincisi ise meşcere özelliklerinden yararlanan dolaylı yöntemlerdir. Doğrudan yöntemler; iklim özelliklerinden yararlanan yöntemler, toprak özelliklerinden yararlanan yöntemler ve toprak florısından yararlanan yöntemler olmak üzere 3'e ayrılır. Büyümenin çok sayıda etmenin etkisi altında oluşması nedeni ile doğrudan yöntemler uygulamada genellikle kullanılmamaktadır (Mısır, 2003). Dolaylı yöntemler eşyaşlı ve değişikyaşlı meşcerelerde kullanılan yöntemler olmak üzere

iki alt gruba ayrılır. Eşityaşlı meşcerelerde kullanılan yöntemler anamorfik, polimorfik ve kombine yöntem olmak üzere 3'e ayrılır. Değişikyaşlı meşcerelerde kullanılan yöntemler Flury'nin çap sınıfları yöntemi, Mittscherlich'in çap-çap artımı ilişkisine dayanan yöntem ve ağaçların baskıdan kurtulduktan sonraki yas-boy ilişkisine dayanan yöntem olmak üzere de 3'e ayrılmaktadır.

Bu çalışma kapsamındaki karaçam meşcerelerinin eşityaşlı kuruluş göstermesi ve arazide yaş ile üst boy ölçümü yapılması nedenlerinden dolayı yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde meşcere yaşı-meşcere üst boyu ilişkisine dayanan anamorfik yöntem kullanılmıştır. Meşcere üst boyu hektarda 100 ağaç hesabı ile örnek alana düşen sayıda en boylu ağaçların ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Meşcere yaşı ile meşcere üst boyu kullanılarak kılavuz eğri denklemi geliştirilmiştir. Meşcerelerin en geniş dağılım aralığına sahip olduğu yaş standart yaş olarak alınmıştır. Bu standart yaşın komşuluğundaki meşcereler arasında maksimum üst boy ile minimum üst boy değerleri tespit edilmiştir. Maksimum üst boy ile minimum üst boy değerlerinin farkı bonitet sınıfı sayısına bölünerek bonitet sınıfı sayısı 3 olacak şekilde bonitet sınıflaması yapılmıştır. Böylece örnek alanların alındığı meşcerelerin hangi bonitet sınıfına girdiği tespit edilebilmektedir.

### 2.3.5. İstatistiksel Analizler

Kök kütlesinin ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarının toprak derinlik kademelerine göre değişimini, bonitet sınıfları arasında kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından fark olup olmadığını, kök çukuru ve kök silindiri ile alınan kök örneklerinin kütlelerinin istatistiksel olarak fark olup olmadığını analiz etmek için SPSS 22.0 versiyonu kullanılmıştır (SPSS v.22.0, 2015). Kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarı değerleri parametrik test varsayımlarına uygun olmadığından dolayı parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Toprak derinlik kademelerine göre kök kütlesi ve bu kütlenin içerdiği karbon miktarları değişimini ve bonitet sınıfları arasında kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından fark olup olmadığını test etmek için Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. Bu testin sonucunda oluşan farkın hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için tüm alt gruplara Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Kök çukuru ve kök silindiri ile elde edilen kök kütlelerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığını değerlendirmek için ise Wilcoxon Testi kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Örnek Alanlara İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında 17 adet örnek alanda yapılan ölçümler yardımıyla örnek alanların alındığı meşcerelerin yaşı, orta çapı, üst boyu, hektardaki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve yetiştirme ortamı verim gücü belirlenmiştir. Örnek alanların alındığı meşcerelerin orta çapı 6.8 cm ile 43.7 cm arasında değişmektedir. Meşcere üst boyu hektarda 100 ağaç hesabıyla örnek alana düşen sayıda en boylu ağaçların ortalaması alınarak hesaplanmıştır. En düşük üst boy 9.6 m ile Çka3 meşceresinde, en yüksek üst boy ise 29.4 m ile Çkd3 meşceresinde bulunmuştur. Hektardaki ağaç sayısı en az Çkcd1 meşceresinde 100 adet/ha, en fazla Çka3 meşceresinde 5200 adet/ha olarak belirlenmiştir. Göğüs yüzeyi 11 m<sup>2</sup> ile 70 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir.

Yetiştirme ortamı verim gücünü belirlemek amacıyla meşcere yaşının bağımsız değişken, meşcere üst boyunun bağımlı değişken olduğu kılavuz eğri denklemi aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$h_{\text{ü}} = e^{3.207 - 21.793/d} \quad (1)$$

Kılavuz eğri denkleminin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) 0.82, standart hatası ( $S_{yx}$ ) 0.28 m,  $F_{\text{oran}}=125.08$  olarak hesaplanmış ve  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Standart yaş olarak üst boyların en geniş yayılım gösterdiği 100 yaşı alınmıştır. Bu standart yaşa göre bonitet sınıfı sayısı üç olacak şekilde bonitet sınıfları oluşturulmuştur.

Tablo 6. Bonitet sınıflaması

Bonitet Sınıfları	Alt Değer	Orta Değer	Üst Değer
I	21,91	23,9	25,9
II	17,91	19,9	21,9
III	13,9	15,9	17,9

Örnek alanlara ilişkin bilgiler Tablo 7’de ve oluşturulan bonitet sınıflarına göre örnek alanların yaş bonitet sınıfı dağılımı Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Örnek alanlara ilişkin bilgiler

Örnek Alan No	Meşcere Tipi	Yaş (yıl)	Orta çap (cm)	Üst Boy (m)	Ağaç Sayısı (adet/ha)	Göğüs Yüzeyi (m <sup>2</sup> /ha)	Bonitet Sınıfı
2	Çkcd1	127	43.7	19.9	100	22	2
3	Çkb3	37	12.8	10.8	1650	25	3
4	Çkab3	32	10.5	12.2	2700	29	2
5	Çkd3	125	20.0	17.5	425	21	3
6	Çkcd1	133	19.1	14.5	825	35	3
7	Çkab3	32	16.4	11.6	500	11	2
8	Çkab3	33	17.7	10.6	575	15	3
9	Çkcd3	84	37.8	22.6	325	38	1
10	Çkcd3	145	39.7	19.4	375	48	2
11	Çkab3	30	6.8	11.3	5200	38	2
12	Çka3	25	7.3	9.6	3600	21	2
13	Çkd2	153	40.7	20.3	283	38	2
14	Çkbc3	50	27.1	18.9	625	37	1
15	Çkd3	120	42.7	29.4	425	70	1
16	Çkd3	147	38.6	24.6	500	60	1
17	Çkb3	42	18.3	18.5	1750	50	1

Tablo 8. Örnek alanların yaş ve bonitet sınıflarına dağılımı

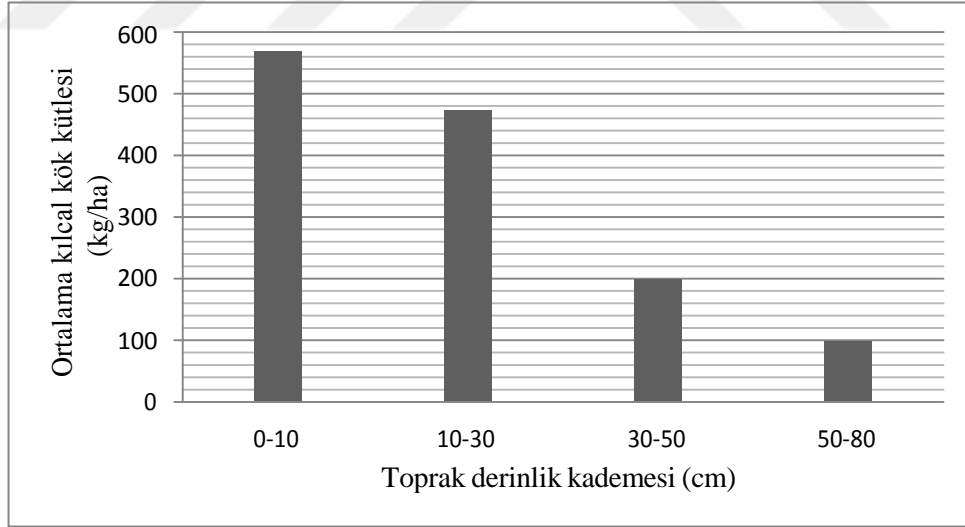
Yaş Basamakları	Bonitet Sınıfları			Toplam
	I	II	III	
0-20				0
21-40	1	4	2	7
41-60	2			2
61-80				0
81-100	1			1
>101	2	3	2	7
Toplam	6	7	4	17

### 3.2. Kök Çukuru Yöntemine Göre Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular

Örnek alanlarda açılan kök çukurlarından 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm ve 50-80 cm olmak üzere 4 farklı derinlik kademesindeki tüm köklerin toplanmıştır. Kök çukurlarından alınan tüm kökler kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (> 5 mm) olarak sınıflandırılıp kök kütleleri belirlenmiştir.

#### 3.2.1. Kılcal Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kılcal kök kütlesi 536 kg/ha ile 2554 kg/ha arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama olarak 1286 kg/ha bulunmuştur. Kılcal kök kütlesi toprak derinlik kademelerine göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Derinlik kademelerindeki ortalama kılcal kök kütlesi 0-10 cm'de 569 kg/ha, 10-30 cm'de 473 kg/ha, 30-50 cm'de 198 kg/ha ve 50-80 cm'de 98 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Derinlik kademelerine göre kılcal kök kütlelerinin değişimi Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Kılcal kök kütlelerinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi

Derinlik kademeleri bakımından kılcal kök kütlesi değerlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki kılcal kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile

istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Kılcal kök kütlelerinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Kılcal kök kütlelerinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	42.18	28.734	0.000 ( $P < 0.001$ )
10-30	17	38.94		
30-50	16	21.50		
50-80	10	10.70		

Kruskal Wallis-H testi sonucunda derinlik kademelerindeki kılcal kök kütleleri arasında bulunan farkın hangi derinlik kademelerinden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm ve 30-50 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında kılcal kök kütleleri bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Diğer derinlik kademeleri arasında ise kılcal kök kütleleri bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

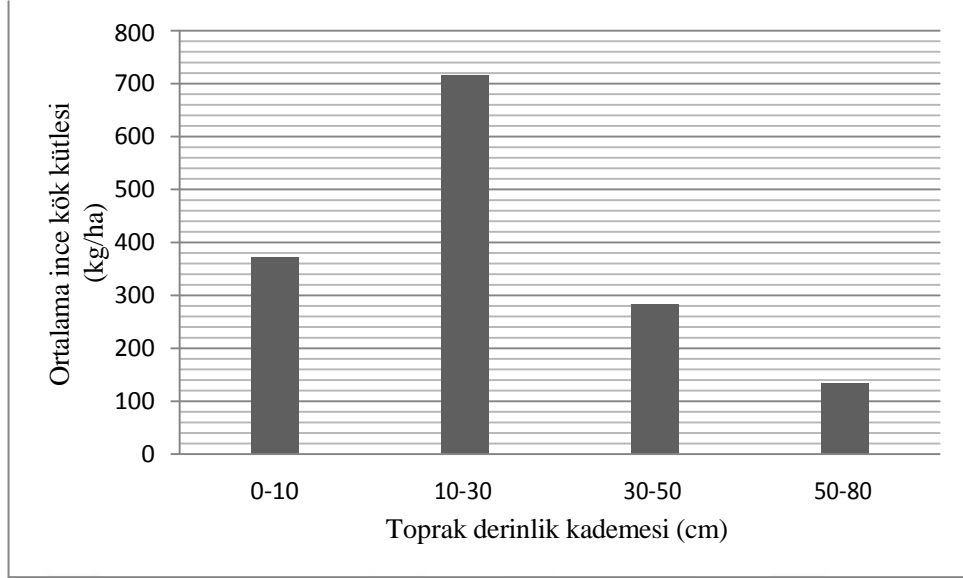
Tablo 10. Kılcal kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	19.15	325.5	0.333 ( <i>P</i> >0.008)
10-30	17	15.85	269.5	
0-10	17	22.68	385.5	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	10.97	175.5	
0-10	17	13.35	312.0	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	6.60	66.0	
10-30	17	32.56	383.5	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	11.09	177.5	
10-30	17	18.53	315.0	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	6.30	63.0	
30-50	16	16.44	263.0	0.013 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	8.80	88.0	

### 3.2.2. İnce Kök Kütlesine İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin ince kök kütlesi 654 kg/ha ile 4740 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama ince kök kütlesi ise 1431 kg/ha olarak bulunmuştur. İnce kök kütlesi derinlik kademelerine göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Derinlik kademelerindeki ortalama ince kök kütlesi 0-10 cm'de 372 kg/ha, 10-30 cm'de 715 kg/ha, 30-50 cm'de 282 kg/ha ve 50-80 cm'de 133 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Derinlik kademelerine göre ince kök kütlesinin değişimi Şekil 12'de verilmiştir.





Şekil 12. İnce kök kütlesinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi

Derinlik kademeleri bakımından ince kök kütlesi değerlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki ince kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark vardır. Kılcal kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. İnce kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
0-10	17	32.65	24.076	0.000 ( $P<0.001$ )
10-30	17	44.55		
30-50	16	24.75		
50-80	10	12.15		

Kruskal Wallis-H testi sonucunda derinlik kademelerindeki ince kök kütleleri arasında bulunan fark hangi derinlik kademelerinden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm, 0-10 cm ile 30-50 cm ve 30-50 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında ince kök kütlesi bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Diğer derinlik

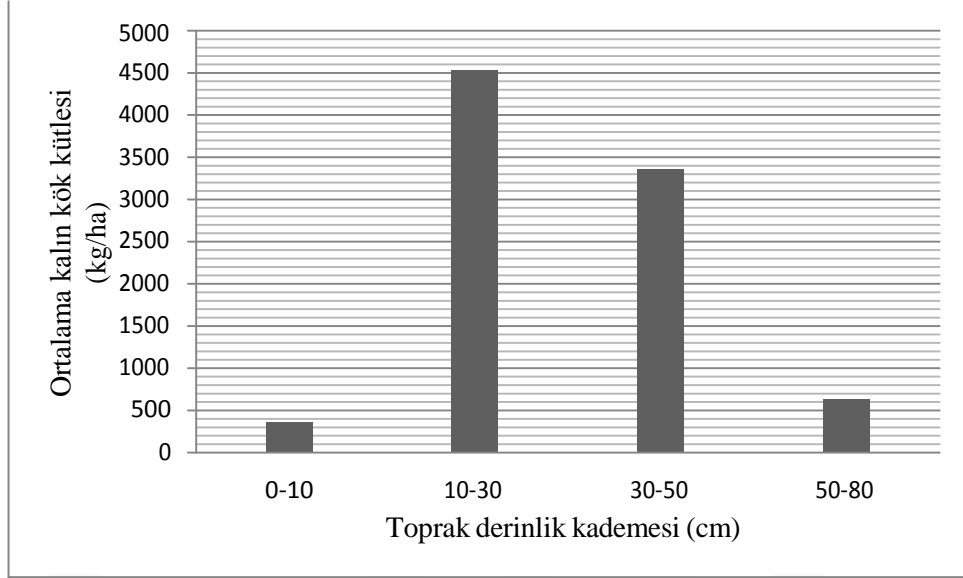
kademeleri arasında ise ince kök kütlesi bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olduğu yapılan testler ile saptanmıştır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. İnce kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	13.62	231.5	0.023 ( <i>P</i> >0.008)
10-30	17	21.38	363.5	
0-10	17	19.44	330.5	0.134 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	14.41	230.5	
0-10	17	17.59	299.0	0.002 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	7.90	79.0	
10-30	17	22.41	381.0	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	11.25	180.0	
10-30	17	18.76	319.0	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	5.90	59.0	
30-50	16	16.09	257.5	0.029 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.35	93.5	

### 3.2.3. Kalın Kök Kütlesine İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kalın kök kütlesi 549 kg/ha ile 33363 kg/ha arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama kalın kök kütlesi ise 8400 kg/ha olarak bulunmuştur. Kalın kök kütlesi derinlik kademelerine göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Derinlik kademelerindeki ortalama kalın kök kütlesi 0-10 cm’de 360 kg/ha, 10-30 cm’de 4529 kg/ha, 30-50 cm’de 3359 kg/ha ve 50-80 cm’de 631 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Derinlik kademelerine göre kalın kök kütlesinin değişimi Şekil 13’de verilmiştir.



Şekil 13. Kalın kök kütlesinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi

Derinlik kademeleri bakımından kalın kök kütlesi değerlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki kalın kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark vardır. Kalın kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Kalın kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
0-10	16	18.78	15.404	0.002 ( $P<0.05$ )
10-30	17	39.65		
30-50	16	35.34		
50-80	10	23.00		

Kruskal Wallis-H testi sonucunda derinlik kademelerindeki kalın kök kütleleri arasında bulunan farkın hangi derinlik kademelerinden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm derinlik kademeleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile kalın kök kütlesi bakımından istatistiksel olarak fark vardır. Diğer derinlik kademeleri arasında ise kalın kök kütlesi

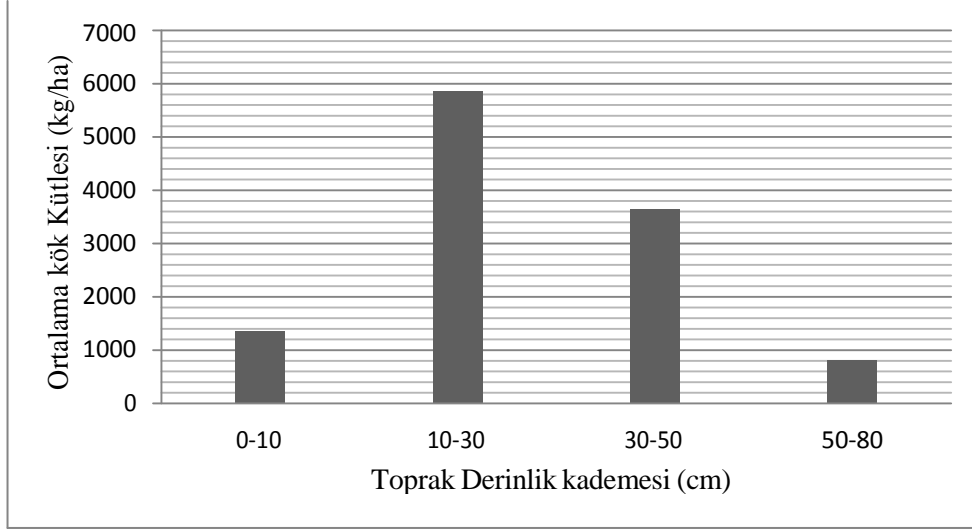
bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Kalın kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	16	11.16	178.5	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
10-30	17	22.50	382.5	
0-10	16	12.25	196.0	0.010 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	20.75	332.0	
0-10	16	12.38	198.0	0.343 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	15.30	153.0	
10-30	17	18.09	307.5	0.505 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	15.84	253.5	
10-30	17	17.06	290.0	0.009 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	8.80	88.0	
30-50	16	15.75	252.0	0.058 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.90	99.0	

### 3.2.4. Toplam Kök Kütlesine İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin toplam kök kütlesi 2024 kg/ha ile 40657 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama kök kütlesi ise 11117 kg/ha olarak bulunmuştur. Derinlik kademelerindeki ortalama toplam kök kütlesi 0-10 cm’de 1348 kg/ha, 10-30 cm’de 5860 kg/ha, 30-50 cm’de 3646 kg/ha ve 50-80 cm’de 810 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Derinlik kademelerine göre toplam kök kütlesinin değişimi Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 14. Toplam kök kütlesinin toprak derinlik kademelerine göre değişimi

Derinlik kademeleri bakımından toplam kök kütlesi değerlerinin istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki toplam kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark vardır. Toplam kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Toplam kök kütlesinin derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
0-10	17	26.88	15.404	0.001 ( $P<0.05$ )
10-30	17	43.00		
30-50	16	30.25		
50-80	10	15.80		

Kruskal Wallis-H testi sonucunda derinlik kademelerindeki toplam kök kütleleri arasında bulunan farkın hangi derinlik kademelerinden kaynaklandığını belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm ve 10-30 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında toplam kök kütlesi bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark vardır. Diğer derinlik kademeleri arasında ise

toplam kök kütlesi bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Toplam kök kütlesi bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	11.94	203	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
10-30	17	23.06	392	
0-10	17	16.82	286	0.914 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	17.19	275	
0-10	17	16.12	274	0.071 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	10.10	104	
10-30	17	19.82	337	0.084 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	14.00	224	
10-30	17	18.12	308	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	7.00	70	
30-50	16	16.06	257	0.031 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.40	94	

### 3.3. Kök Silindiri Yöntemine Göre Kök Kütlelerine İlişkin Bulgular

Her bir örnek alanda iki adet alınan kök silindiri örnekleri kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın (>5 mm) olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Kılcal kök kütlesi 326 kg/ha ile 2689 kg/ha arasında değişmektedir. 11 numaralı örnek alandan alınan her iki kök silindirinde de ince köke rastlanmamıştır. Bu yüzden örnek alanlardaki ince kök kütlesi 0 ile 4492 kg/ha arasında değişiklik göstermektedir. 17 örnek alanın 10 tanesinde ise kalın kök bulunmamaktadır. Kök silindiri yöntemi ile elde edilen kök kütlesi değerleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kök silindiri yöntemi ile elde edilen ortalama kök kütlesi değerleri

Örnek Alan	Kök Kütlesi (kg/ha)			
	Kılcal	İnce	Kalın	Toplam
1	326	280	-	606
2	2689	839	-	3528
3	2145	404	1663	4212
4	1492	482	-	1974
5	1850	4492	13398	19740
6	1896	3171	11315	16382
7	575	187	404	1166
8	1445	187	-	1632
9	839	684	-	1523
10	1741	-	-	1741
11	979	1352	-	2331
12	2580	2021	6574	11175
13	2300	1508	-	3808
14	1337	544	-	1881
15	855	249	2067	3171
16	1383	1694	-	3077
17	1399	979	6590	8968

### 3.4. Kök Çukuru ve Kök Silindiri Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Tüm örnek alanlarda kök kütlesini belirlemek amacıyla hem kök çukuru yöntemi hem de kök silindiri yöntemi kullanılmıştır. Kök çukuru açmanın maliyetli ve zaman alıcı olması nedenlerinden dolayı kök silindiri yöntemi ile kök örnekleme sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada iki farklı yöntem ile örneklenen kök kütleri arasında fark olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu iki yöntem ile 30 cm toprak derinliğinden örneklenen kök kütleleri arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı Wilcoxon Testi ile test edilmiştir. Test sonucuna göre kök çukuru ve kök silindiri ile 30 cm toprak derinliğinden alınan kök örneklerinin kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark çıkmamıştır. Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Kök çukuru ve kök silindiri yöntemleri ile elde edilen kök kütlelerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmasına ilişkin Wilcoxon Testi sonuçları

Kök Çukuru	Kök Silindiri	Örnek Sayısı	Test İstatistik Değeri	Önem Düzeyi (P)
Kılcal kök kütlesi	Kılcal kök kütlesi	17	-1.633	0.102 ( $P>0.05$ )
İnce kök kütlesi	İnce kök kütlesi	17	-0.166	0.868 ( $P>0.05$ )
Kalın kök kütlesi	Kalın kök kütlesi	17	-1.349	0.177 ( $P>0.05$ )
Toplam kök kütlesi	Toplam kök kütlesi	17	-1.302	0.193 ( $P>0.05$ )

Kök çukuru yöntemi ile 80 cm'ye kadarki toprak derinliğinden elde edilen köklerin kütleleri ve kök silindiri yöntemi ile 30 cm'ye kadarki toprak derinliğinden elde edilen köklerin kütleleri arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı Wilcoxon Testi ile test edilmiştir. Test sonucunda iki farklı yöntemle elde edilen kılcal ve ince kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunamazken, kalın ve toplam kök kütleleri arasında ise  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmaktadır. Wilcoxon Testi sonuçları Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Kök çukuru yöntemi ile fizyolojik toprak derinliğinden elde edilen kök kütleleri ve kök silindiri yöntemi elde edilen kök kütleleri arasındaki farklılığa ilişkin Wilcoxon Testi sonuçları

Kök Çukuru	Kök Silindiri	Örnek Sayısı	Test İstatistik Değeri	Önem Düzeyi (P)
Kılcal kök kütlesi	Kılcal kök kütlesi	17	-0.497	0.619 ( $P>0.05$ )
İnce kök kütlesi	İnce kök kütlesi	17	-1.373	0.170 ( $P>0.05$ )
Kalın kök kütlesi	Kalın kök kütlesi	17	-2.391	0.017 ( $P<0.05$ )
Toplam kök kütlesi	Toplam kök kütlesi	17	-2.249	0.025 ( $P<0.05$ )

### 3.5. Kök Çukuru Yöntemine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Kök çukurlarından elde edilen kök kütlelerinin karbon yüzdeleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Hasılat Laboratuvarında mevcut olan COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz Cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ortalama olarak bu yüzdeler kılcal kökte % 40.28, ince kökte % 41.86 ve kalın kökte % 41.88'dir.



### 3.5.1. Kılcal Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kılcal köklerinde depolanan karbon miktarı 192 kg/ha ile 1025 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama olarak kılcal köklerde 518 kg/ha karbon depolanmaktadır. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarı derinlik kademelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda kılcal kök kütledeki karbon miktarının % 45'i, ilk derinlik kademesi olan 0-10 cm'de bulunmaktadır. Derinlik kademesine göre kılcal köklerde depolanan karbon miktarı Tablo 20' de verilmiştir.

Tablo 20. Derinlik kademesine göre kılcal köklerde depolanan karbon miktarı

Derinlik Kademesi	Örnek Sayısı	Minimum (kg/ha)	Maximum (kg/ha)	Ortalama (kg/ha)	Dağılım (%)
0 - 10	17	51	463	231	45
10 - 30	17	59	501	188	36
30 - 50	16	21	187	80	14
50 - 80	10	3	115	40	5

Derinlik kademelerine göre kılcal köklerde depolanan karbon miktarlarının istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademesi bakımından kılcal köklerde depolanan karbon miktarları arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmaktadır. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	41.94	28.088	0.000 ( <i>P</i> <0.001)
10-30	17	39.06		
30-50	16	21.38		
50-80	10	11.10		

Hangi derinlik kademeleri arasında fark olduğunu belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm ve 30-50 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında kılcal kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Diğer derinlik kademeleri arasında ise kılcal köklerde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olduğu yapılan testler ile saptanmıştır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	18.94	322	0.398 ( <i>P</i> >0.008)
10-30	17	16.06	273	
0-10	17	22.65	385	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	11.00	176	
0-10	17	18.35	312	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	6.60	66	
10-30	17	22.47	382	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	11.19	179	
10-30	17	18.53	315	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	6.30	63	
30-50	16	16.19	259	0.023 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.20	92	

### 3.5.2. İnce Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin ince köklerinde depolanan karbon miktarı 244 kg/ha ile 1906 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama olarak ince köklerde 599 kg/ha karbon depolanmaktadır. İnce köklerde depolanan karbon miktarı derinlik kademelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Derinlik kademesine göre ince köklerde depolanan karbon miktarı Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Derinlik kademesine göre ince köklerde depolanan karbon miktarı

Derinlik Kademesi	Örnek Sayısı	Minimum (kg/ha)	Maximum (kg/ha)	Ortalama (kg/ha)	Dağılım (%)
0 - 10	17	36	294	157	26
10 - 30	17	82	1304	294	49
30 - 50	16	34	286	122	19
50 - 80	10	4	113	57	6

Derinlik kademelerine göre ince köklerde depolanan karbon miktarlarının istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi uygulanmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademesi bakımından ince köklerde depolanan karbon miktarları arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. İnce köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 24’de verilmiştir.

Tablo 24. İnce köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi (P)
0-10	17	33.24	20.578	0.000 ( $P<0.001$ )
10-30	17	42.94		
30-50	16	25.38		
50-80	10	12.90		

Hangi derinlik kademeleri arasında fark olduğunu belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm, 0-10 cm ile 30-50 cm ve 30-50 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında ince köklerde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Diğer derinlik kademeleri arasında ise ince köklerde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olduğu yapılan testler ile saptanmıştır. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. İnce köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	14.41	245	0.071 ( <i>P</i> >0.008)
10-30	17	20.59	350	
0-10	17	19.24	327	0.171 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	14.63	234	
0-10	17	17.59	299	0.002 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	7.90	79	
10-30	17	21.76	370	0.004 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	11.94	191	
10-30	17	18.59	316	0.000 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	6.20	62	
30-50	16	15.81	253	0.051 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.80	98	

### 3.5.3. Kalın Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kalın köklerinde depolanan karbon miktarı 240 kg/ha ile 13222 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama olarak kalın köklerde 3518 kg/ha karbon bulunmaktadır. Kalın köklerde depolanan karbon miktarı derinlik kademelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Derinlik kademesine göre kalın köklerde depolanan karbon miktarı Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 26. Derinlik kademesine göre kalın köklerde depolanan karbon miktarı

Derinlik Kademesi	Örnek Sayısı	Minimum (kg/ha)	Maximum (kg/ha)	Ortalama (kg/ha)	Dağılım (%)
0 - 10	16	6	313	154	4
10 - 30	17	41	9604	1838	52
30 - 50	16	56	6063	1462	39
50 - 80	10	16	792	268	5

Derinlik kademelerine göre kalın köklerde depolanan karbon miktarlarının istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki kalın köklerde depolanan karbon miktarları arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır. Derinlik kademeleri bakımından kalın kök kütlesindeki karbon miktarı değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Kalın köklerde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
0-10	16	18.63	15.532	0.002 ( $P<0.05$ )
10-30	17	39.65		
30-50	16	35.25		
50-80	10	23.40		

Hangi derinlik kademeleri arasında fark olduğunu belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm ve 0-10 cm ile 30-50 cm derinlik kademeleri arasında kalın köklerde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmaktadır. Diğer kademeler arasında ise kalın köklerde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark yoktur. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Kalın köklerde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	16	11.19	179	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
10-30	17	22.47	382	
0-10	17	12.06	193	0.007 ( <i>P</i> <0.008)
30-50	16	20.94	335	
0-10	16	13.38	198	0.343 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	15.30	153	
10-30	17	18.24	310	0.449 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	15.69	251	
10-30	17	16.94	288	0.012 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.00	90	
30-50	16	15.63	250	0.073 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	10.10	101	

#### 3.5.4. Toplam Kök Kütlesinde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin Toplam kök kütlesindeki karbon miktarı 787 kg/ha ile 16153 kg/ha arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama olarak köklerde 4635 kg/ha karbon bulunmaktadır. Toplam kök kütlesindeki karbon miktarı derinlik kademelerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda toplam kök kütlesindeki karbon miktarının %50'si 2. derinlik kademesi olan 10-30 cm derinlik kademesinde bulunmaktadır. Derinlik kademesine göre toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Derinlik kademesine göre toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı

Derinlik Kademesi	Örnek Sayısı	Minimum (kg/ha)	Maximum (kg/ha)	Ortalama (kg/ha)	Dağılım (%)
0 - 10	17	87	1017	533	12
10 - 30	17	245	9765	2320	50
30 - 50	16	130	6518	1664	34
50 - 80	10	30	877	364	4

Derinlik kademelerine göre toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarının istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis-H testi yapılmıştır. Bu test sonucunda derinlik kademelerindeki toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarları arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmaktadır. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarının derinlik kademelerine göre değişimine ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
0-10	17	24.88	15.254	0.002 ( $P<0.05$ )
10-30	17	42.00		
30-50	16	32.63		
50-80	10	17.10		

Hangi derinlik kademeleri arasında fark olduğunu belirlemek amacıyla Mann Whitney-U testi uygulanmıştır. Bu teste göre 0-10 cm ile 10-30 cm ve 10-30 cm ile 50-80 cm derinlik kademeleri arasında toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark vardır. Diğer kademeler arasında ise toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark yoktur. Mann Whitney-U testi sonuçları Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından derinlik kademeleri arasında fark olup olmadığına dair Mann Whitney-U testi sonuçları

Derinlik Kademesi (cm)	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Sıralama Puanları Toplamı	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
0-10	17	12.06	205	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
10-30	17	22.94	390	
0-10	17	15.18	258	0.264 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	18.94	303	
0-10	17	15.65	266	0.160 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	11.20	112	
10-30	17	19.24	327	0.171 ( <i>P</i> >0.008)
30-50	16	14.63	234	
10-30	17	17.82	303	0.001 ( <i>P</i> <0.008)
50-80	10	7.50	75	
30-50	16	16.06	257	0.031 ( <i>P</i> >0.008)
50-80	10	9.40	94	

### 3.6. Kök Silindiri Yöntemine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Kök silindiri ile elde edilen kök örnekleri kılcal, ince ve kalın olarak üç sınıfa ayrılmış ve kök kütlesindeki karbon yüzdeleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu yüzdeler kılcal kökte % 42.6, ince kökte % 40.9, kalın kökte % 42.2'dir. Kılcal köklerde depolanan karbon miktarı 144 kg/ha ile 1219 kg/ha arasında değişmektedir. 11 numaralı örnek alandan alınan kök silindirlerinde ince kök olmadığından dolayı bu alan için ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarından söz etmek mümkün değildir. Bu nedendir ki ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 0 ile 1959 kg/ha arasında değişmektedir. Aynı şekilde kalın kökün olmadığı bazı örnek alanlarda mevcuttur. Kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 0 ile 6143 kg/ha arasında değişmektedir. Kök silindiri ile elde edilen köklerde depolanan karbon miktarları Tablo 32'de verilmiştir.



Tablo 32. Kök silindiri yöntemine göre köklerde depolanan karbon miktarları

Örnek Alan	Kök Kütlesindeki Karbon Miktarı (kg/ha)			
	Kılcal	İnce	Kalın	Toplam
1	144	122	-	266
2	1140	379	-	1519
3	920	178	772	1870
4	645	24	-	669
5	744	1959	6143	8846
6	794	1443	4826	7063
7	252	83	171	506
8	626	80	-	706
9	358	282	-	640
10	705	-	-	705
11	392	488	-	880
12	1075	782	2646	4503
13	1219	598	-	1817
14	545	220	-	765
15	352	101	927	1380
16	556	694	-	1250
17	538	374	2237	3149

### 3.7. Yetiştirme Ortamı Verim Gücü İtibariyle Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinden alınan örnek alanlarda yapılan yaş ve boy ölçümleri yardımıyla bonitet sınıflaması yapılmıştır. Her bonitet sınıfına giren örnek alanların kök sınıfı itibariyle köklerde depolanan karbon miktarları ayrı ayrı belirlenmiştir. Bonitet sınıfı itibariyle köklerde depolanan karbon miktarları Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33. Bonitet sınıflarına göre köklerde depolanan karbon miktarları

Bonitet Sınıfı	Kök Kütlesindeki Karbon Miktarı (kg/ha)								
	Kılcal			İnce			Kalın		
	min	max	ort	min	max	ort	min	max	ort
I. Bonitet	224	842	563	274	889	645	245	11492	3149
II. Bonitet	192	590	387	244	654	430	289	8409	3217
III. Bonitet	425	1025	678	411	1906	826	240	13222	4597

Bonitet sınıfları itibariyle kılcal kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olup olmadığı Kruskal Wallis-H testi ile test edilmiştir. Test sonucuna göre bonitet sınıfları arasında kılcal kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark bulunmamaktadır. Bonitet sınıfı bakımından kılcal kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34. Bonitet sınıfı itibariyle kılcal kök kütlesinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Bonitet Sınıfı	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( $P$ )
I	6	10.17		
II	7	6.14	4.218	0.121 ( $P>0.05$ )
III	4	12.25		

Bonitet sınıfı itibariyle ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olup olmadığı Kruskal Wallis-H testi ile test edilmiştir. Test sonucuna göre bonitet sınıfları arasında ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark bulunmamaktadır. Bonitet sınıfı bakımından ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. Bonitet sınıfı itibariyle ince kök kütlesinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Bonitet Sınıfı	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
I	6	10.83		
II	7	6.71	2.470	0.291 ( <i>P</i> >0.05)
III	4	10.25		

Bonitet sınıfları itibariyle kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olup olmadığı Kruskal Wallis-H testi ile test edilmiştir. Test sonucuna göre bonitet sınıfları arasında kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark bulunmamaktadır. Bonitet sınıfı bakımından kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Bonitet sınıfı itibariyle kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Bonitet Sınıfı	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
I	6	7.67		
II	7	10.00	0.703	0.704 ( <i>P</i> >0.05)
III	4	9.25		

Bonitet sınıfları itibariyle toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından istatistiksel olarak fark olup olmadığı Kruskal Wallis-H testi ile test edilmiştir. Test sonucuna göre bonitet sınıfları arasında toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark bulunmamaktadır. Bonitet sınıfı bakımından toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. Bonitet sınıfı itibariyle toplam kök kütlelerinde depolanan karbon miktarının karşılaştırılmasına ilişkin Kruskal Wallis-H testi sonuçları

Bonitet Sınıfı	Örnek Sayısı	Ortalama Sıralama Puanı	Ki-kare	Önem Düzeyi ( <i>P</i> )
I	6	6.87		
II	7	9.14	0.042	0.979 ( <i>P</i> >0.05)
III	4	9.25		

### 3.8. Meşcere Tiplerine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Bulgular

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerindeki 9 farklı meşcere tipinden alınan ve kılcal, ince, kalın olmak üzere 3 sınıfa ayrılan köklerin karbon depolanan miktarları belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre kılcal kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı 224 kg/ha ile en az Çka0 meşcerelerinde, 774 kg/ha ile en fazla Çkd3 meşcerelerinde bulunmuştur. İnce kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı 251 kg/ha ile en az Çka3 meşcerelerinde, 1208 kg/ha ile en fazla Çkd3 meşcerelerinde bulunmuştur. Kalın kök kütlelerinde depolanan karbon miktarı ise 289 kg/ha ile en az Çka0 ve Çka3 meşcerelerinde, 8409 kg/ha ile en fazla Çkd2 meşcerelerinde bulunmuştur. Toplam kök kütlelerinde bulunan karbon miktarı 787 kg/ha ile en az Çka0 meşcerelerinde, 9089 kg/ha ile en fazla Çkd2 meşcerelerinde bulunmuştur. Meşcere tiplerine göre ortalama kök kütlelerinde depolanan karbon miktarları Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Meşcere tiplerine göre kök kütlesinde depolanan karbon miktarları

Meşcere Tipi	Kök Kütlesindeki Karbon Miktarı (kg/ha)			
	Kılcal	İnce	Kalın	Toplam
Çka0	224	274	289	787
Çka3	407	251	289	947
Çkab3	493	515	1719	2727
Çkb3	633	574	1102	2310
Çkbc3	711	880	2762	4353
Çkcd1	509	378	2727	3614
Çkcd3	265	427	8094	8786
Çkd2	345	335	8409	9089
Çkd3	774	1208	5775	7758

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Kök Kütlesi ve Kök Kütlesinde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Tartışma

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinde kök çukuru yöntemi ile farklı derinlik kademelerinden elde edilen kökler kılcal, ince ve kalın olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu ayırım sonucunda kılcal kök kütlesi 536 kg/ha ile 2554 kg/ha, ince kök kütlesi 654 kg/ha ile 4740 kg/ha, kalın kök kütlesi 549 kg/ha ile 33363 kg/ha ve toplam kök kütlesi ise 2024 kg/ha ile 40657 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama kılcal kök kütlesi 1286 kg/ha, ince kök kütlesi 1431 kg/ha, kalın kök kütlesi 8400 kg/ha ve toplam kök kütlesi 11117 kg/ha'dır. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarı kılcal kökte 192 kg/ha ile 1025 kg/ha, ince kökte 244 kg/ha ile 1906 kg/ha, kalın kökte ise 240 kg/ha ile 13222 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama olarak kök kütlesinde depolanan karbon miktarı kılcal kökte 518 kg/ha, ince kökte 599 kg/ha ve kalın kökte 3518 kg/ha'dır. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı ise 737 kg/ha ile 16153 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama olarak bu miktar 4635 kg/ha olarak tespit edilmiştir.

Kök silindiri yöntemine göre kılcal kök kütlesi 326 kg/ha ile 2689 kg/ha, ince kök kütlesi 0 ile 4492 kg/ha, kalın kök kütlesi 0 ile 13398 kg/ha ve toplam kök kütlesi 606 kg/ha ile 19740 kg/ha arasında değişmektedir. Ortalama kılcal kök kütlesi 1519 kg/ha, ince kök kütlesi 1122 kg/ha, kalın kök kütlesi 2471 kg/ha ve toplam kök kütlesi 5112 kg/ha bulunmuştur. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarları kılcal kökte 144 kg/ha ile 1219 kg/ha, ince kökte 0 ile 1959 kg/ha, kalın kökte 0 ile 6143 kg/ha ve toplam kökte ise 266 kg/ha ile 8846 kg/ha arasında değişmektedir. Bu miktarlar ortalama olarak kılcal kökte 647 kg/ha, ince kökte 459 kg/ha, kalın kökte 1042 kg/ha ve toplam kökte 2148 kg/ha tespit edilmiştir.

Küçük (2006) Kastamonu yöresi genç karaçam meşcerelerinden alınan 9 adet örnek alanda çalışma gerçekleştirmiştir. Bu örnek alanlarda, yılın beş farklı döneminde 6'şar adet kök silindiri örnekleme yapılmış ve kılcal kök kütlesi 8046 kg/ha, ince kök kütlesi 2104 kg/ha ve kalın kök kütlesi 4284 kg/ ha olarak bulunmuştur. Güner ve Çömez (2014) Batı Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgelerindeki karaçam ağaçlandırma sahalarında toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarını incelemiştir. Çalışma kapsamında belirlenen ağaçların kökleri sökülerek toplam kök kütlesi elde edilmiş ve bu küttelede depolanan

karbon miktarı 9643 kg/ha olarak belirlenmiştir. Saranay (2017) Ankara yöresi genç karaçam meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada, 35 adet ağacın kökünü sökmek suretiyle toplam kök kütlesini 3690 kg/ha olarak belirlemiştir. Karaçam türünde yapılan bu çalışmalardan Kastamonu yöresi için belirlenen kılcal ve ince kök kütlesi değerleri, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen değerlerden fazla bulunurken, kalın kök kütlesi değeri ise daha düşük bulunmuştur. Güner ve Çömez (2014) tarafından yapılan çalışmada belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarından daha yüksektir. Ankara yöresi için belirlenen toplam kök kütlesi ise Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen toplam kök kütlesinden oldukça düşüktür.

Tüfekçiöglü vd. (2002) Artvin'deki Doğu ladini ve Doğu kayını meşcerelerinin kök kütlesini belirlemek amacıyla Doğu ladini meşcerelerinden 6 adet ve Doğu kayını meşcerelerinden 6 adet olmak üzere toplamda 12 adet örnek alanda araştırma yapmışlardır. Her örnek alanda 5 adet kök silindiri çakılarak kök kütleleri elde edilmiştir. Doğu ladini meşcereleri için kılcal kök kütlesi 11559 kg/ha, ince kök kütlesi 3153 kg/ha ve kalın kök kütlesi 10202 kg/ha, Doğu kayını meşcereleri için kılcal kök kütlesi 9053 kg/ha, ince kök kütlesi 2517 kg/ha ve kalın kök kütlesi 7015 kg/ha olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada Tüfekçiöglü vd. (2004) Artvin yöresi Doğu ladini ve Doğu kayını meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarını belirlemişlerdir. Bu çalışma kapsamında Doğu ladini ve Doğu kayını meşcerelerinden 8'er adet olmak üzere toplamda 16 adet örnek alan alınmış ve her örnek alanda 4 adet kök silindiri örnekleme yapılmıştır. Doğu ladini meşcereleri için kılcal, ince ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon yüzdeleri sırasıyla % 36.9, % 41.5, % 42.7 ve Doğu kayını meşcereleri için kılcal, ince ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon yüzdeleri sırasıyla % 34.5, % 43.1, % 44.5 olarak tespit edilmiştir. Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için bu yüzdeler sırasıyla % 42.6, % 40.9 ve % 42.2'dir. Yağcı (2010) Hopa yöresindeki Doğu kayını meşcerelerinin kalın kök kütlesi ve bu kütlede depolanan karbon miktarını belirlemiştir. Bu çalışma kapsamında sık yetiştirilen, genç Doğu kayını meşcerelerinden 9 adet örnek alan alınmış ve her örnek alanda 1 adet kök çukuru açılarak kalın kök kütlesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Doğu kayını meşcerelerinin kalın kök kütlesi 6540 kg/ha ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı 2290 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Mısır ve Mısır (2013) Trabzon-Maçka Ormanüstü planlama birimi saf Doğu kayını meşcerelerinin kök

kütlesini ve bu kütlede depolanan karbon miktarını belirlemişlerdir. Bu çalışma kapsamında 30 adet örnek alan alınmış ve her örnek alanda 6 adet kök silindiri örnekleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda kılcal, ince, kalın ve toplam kök kütleleri sırasıyla 4759, 2617, 8306 ve 15682 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu kök kütlelerinin depoladığı karbon miktarları ise sırasıyla 1018, 1019, 2724 ve 4761 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Kartal (2013) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışması kapsamında Gümüşhane-Torul yöresi saf Doğu kayını meşcerelerinin kök kütlesi belirlenmiştir. 30 adet kök çukurundan elde edilen kılcal, ince ve kalın kök kütleleri sırasıyla 1526, 1457 ve 8158 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Saf Doğu kayını meşcerelerinde yapılan bir diğer yöresel çalışmada, Özbayram ve Güvendi (2016) Sinop yöresi Doğu kayını meşcerelerinin kalın kök kütlesini belirlemişlerdir. Bu çalışma kapsamında 20 adet kök çukuru açılmış ve kök çukurlarından elde edilen kalın kök kütlesi 16700 kg/ha olarak bildirilmiştir. Doğu kayınında yapılan bu çalışmalardan, Tüfekçioğlu vd. (2002) tarafından yapılan çalışma sonucunda elde edilen kılcal, ince ve kalın kök kütlesi değerleri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen kılcal, ince ve kalın kök kütlesi değerlerinden oldukça fazladır. Tüfekçioğlu vd. (2004) tarafından yapılan diğer bir çalışma sonucunda belirlenen kılcal kök kütlesinde depolanan karbon yüzdesi, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri kılcal kök kütlesinde depolanan karbon yüzdesinden daha düşüktür. İnce ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon yüzdeleri ise Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin ince ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon yüzdelerinden daha yüksektir. Hopa yöresindeki genç Doğu kayını meşcerelerinin kalın kök kütlesi ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı değerleri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kalın kök kütlesi ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı değerlerinden daha düşüktür. Trabzon-Maçka yöresi için belirlenen kılcal, ince ve kalın kök kütlesi değerleri ile bu kütlelerde depolanan karbon miktarları Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen değerlerden daha düşüktür. Gümüşhane-Torul yöresinde yapılan çalışma sonucunda bulunan kök kütlesi değerleri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesi değerleriyle oldukça yakındır. Sinop yöresi Doğu kayını meşcereleri için belirlenen kalın kök kütlesi değeri ise Türkiye’de yapılmış tüm kök kütlesi çalışmalarında elde edilen kalın kök kütlesi değerlerinden daha fazladır.

Bülbül (2012) Trabzon-Maçka yöresi Doğu ladini meşcerelerinde 33 örnek alanda çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada her örnek alandan 4 adet olmak üzere kök silindiri örnekleri alınmış ve kılcal, ince, kalın kök kütlesi belirlenmiştir. Bu kütleler, kılcal kökte



570 kg/ha ile 4670 kg/ha, ince kökte 872 kg/ha ile 9560 kg/ha, kalın kökte 1360 kg ile 13190 kg/ha arasında değişmektedir. Trabzon-Maçka yöresi Doğu ladini meşcereleri için belirlenen bu değerler Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kılcal, ince ve kalın kök kütlesi değerlerinden oldukça fazladır.

Gümüşhane-Torul yöresi saf sarıçam meşcerelerinde, Kırış (2009) tarafından yapılan çalışma kapsamında 35 adet kök çukuru açılmıştır. Açılan kök çukurlarından elde edilen kalın kök kütlesi 9272 kg/ha olarak belirlenmiştir. Yavuz vd. (2010) saf sarıçam meşcerelerinin kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada kılcal ve ince kök kütlesinin belirlenmesinde kök silindiri yöntemi kullanılırken, kalın kök kütlesinin belirlenmesinde ise kök çukuru yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen kılcal kök kütlesi 3022-7478 kg/ha, ince kök kütlesi 801-3477 kg/ha arasında değişmektedir. Kalın kök kütlesi ise ortalama 9328 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Sarıçam meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarı kılcal kökte 2.03 ton/ha ile 2.49 ton/ha, ince kökte 0.64 ton/ha ile 0.96 ton/ha, kalın kökte ise 1.29 ton/ha ile 2.82 ton/ha arasında değişmektedir. Özdemir (2011) Ardahan-Yanlızçam yöresi saf sarıçam meşcerelerinin kök kütlesini belirlemiştir. Çalışma kapsamında 31 adet örnek alan alınmış ve her örnek alanda 6 adet kök silindiri çakılmıştır. Kök silindirlerinden elde edilen kök kütleleri kılcal kökte 5531 kg/ha, ince kökte 1658 kg/ha, kalın kökte ise 3663 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Sarıçam meşcerelerine ilişkin yapılan bu çalışmalarda Kırış (2009) ve Yavuz vd. (2010) tarafından belirlenen kalın kök kütlesi değerleri ile Yavuz vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada belirlenen kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı değeri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen değerlerden daha fazladır. Ardahan-Yanlızçam yöresi saf sarıçam meşcereleri için belirlenen kılcal ve ince kök kütlesi değerleri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen kılcal ve ince kök kütlesi değerlerinden fazla, kalın kök kütlesi değeri ise daha azdır.

Bilmiş (2010) Edirne-Keşan yöresindeki kızılçam meşcerelerinin kök kütlesini belirlemiştir. Çalışma kapsamında 4 adet örnek alan alınmış ve yılın 4 farklı döneminde her örnek alandan 6 adet olmak üzere toplamda 96 adet kök silindiri örnekleme yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda kılcal kök kütlesi 3817 kg/ha, ince kök kütlesi 950 kg/ha ve kalın kök kütlesi 1016 kg/ ha olarak bulunmuştur. Yine aynı yöredeki kızılçam meşcerelerinde Tüfekçioğlu vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada kök kütlesi, kök silindiri yöntemi ile belirlenmiştir. Kılcal kök kütlesi 3772 kg/ha, ince kök kütlesi 1078 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Edirne-Keşan yöresinde yapılan bu iki çalışmadan elde

edilen kılcal kök kütlesi değerleri, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kılcal kök kütlesi değerlerinden fazla, ince ve kalın kök kütlesi değerleri ise Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin ince ve kalın kök kütlesi değerlerinden daha az bulunmuştur.

Tüfekçioğlu ve Güner (2008) Artvin-Murgul yöresi yalancı akasya ağaçlandırma alanlarından aldıkları 12 adet örnek alanda kılcal ve ince kök kütlesini kök silindiri yöntemiyle, kalın kök kütlesini ise kök çukuru yöntemi ile belirlemiştir. Her örnek alanda 8 adet kök silindiri alınmış ve bir adet kök çukuru açılmıştır. Bu çalışmada Artvin-Murgul yöresi yalancı akasya meşcerelerinin kılcal kök kütlesi 1449 kg/ha, ince kök kütlesi 389 kg/ha ve kalın kök kütlesi 4018 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Artvin-Murgul yöresi yalancı akasya meşcereleri Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinden daha az kök kütlesine sahiptir.

Mısır ve Mısır (2012) Batı Karadeniz Bölgesi göknar meşcerelerinin kök kütlesini ve bu kütlede depolanan karbon miktarını belirlemiştir. Bu çalışma kapsamında 15 adet örnek alan alınmış ve her örnek alandan 4 adet olmak üzere toplamda 60 adet kök silindiri örnekleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda kılcal kök kütlesinin 1685 kg/ha ile 9214 kg/ha arasında değiştiği, ince kök kütlesinin ortalama 4097 kg/ha ve kalın kök kütlesinin ise ortalama 11762 kg/ha olduğu belirtilmiştir. Kılcal, ince ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon miktarı sırasıyla 1620 kg/ha, 1645 kg/ha ve 2949 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütleleri ve kök kütlelerinde depolanan karbon miktarlarından daha yüksektir.

Güner vd. (2019), sahil çamı ağaçlandırma sahalarının kök kütlesinde depolanan karbon miktarını belirlemiştir. Kök kütlesinde depolanan karbon yüzdesini % 48.8 olarak bildirmişlerdir. Adana-Feke yöresi için kök kütlesinde depolanan karbon yüzdesi % 41.7'dir.

Laclau (2003), 10 ve 20 yaşındaki panderosa çamı plantasyonlarında yaptığı araştırmada kök kütlesini ( $\geq 5\text{mm}$ ) sırasıyla 1700 kg/ha ve 27000 kg/ha olarak belirlemiştir. Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kalın kök kütlesi bu çalışmada 10 yaşındaki panderosa çamı meşcereleri için bulunan kalın kök kütlesinden daha fazla, 20 yaşındaki panderosa çamı meşcereleri için bulunan kalın kök kütlesinden ise daha azdır. Ostonen vd. (2005) tarafından Estonya'nın Roela eyaletindeki Avrupa ladini meşcerelerinde yapılan çalışmada kök silindiri yöntemi ile elde edilen kök kütlesi 48260 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada Avrupa ladini meşcereleri için belirlenen kök kütlesi Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için belirlenen kök kütlesinden oldukça

fazla bulunmuştur. Green vd. (2007) İrlanda'daki sıtka ladini ağaçlandırma sahalarının kök kütlesini kök çukuru yöntemi ile elde etmiş ve 32700 kg/ha olarak belirlemiştir. Bu değer Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesi değerinden oldukça fazladır. Dimitrova vd. (2015) Bulgaristan'ın 3 farklı bölgesinde, 4 farklı türün (sarıçam, meşe, Avrupa ladini ve Avrupa kayını) yayılış gösterdiği meşcerelerin kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarını kök çukuru yöntemi ile belirlemiştir. Bu çalışmaya göre kök kütleleri Avrupa ladininde 281500 kg/ha, sarıçamda 207400 kg/ha, meşede 116300 kg/ha ve Avrupa kayınında 72400 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarları ise Avrupa ladininde 22720 kg/ha, sarıçamda 38770 kg/ha, meşede 26170 kg/ha ve Avrupa kayınında 11850 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar literatürdeki kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin yapılan tüm çalışmaların sonuçlarından daha yüksektir. Bazı çalışmalara ilişkin kök kütleleri Tablo 39'da ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarları Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 39. Kök kütlesine ilişkin bazı çalışmalar

Çalışmalar	Ağaç Türü	Kök Kütlesi (kg/ha)			
		Kılcal	İnce	Kalın	Toplam
Küçük, 2006	<i>Pinus nigra</i>	8046	2104	4284	14434
Saranay, 2017	<i>Pinus nigra</i>				3690
Yıldız, 2021	<i>Pinus nigra</i>	1286	1431	8400	11117
Tüfekçioğlu vd., 2002	<i>Fagus orientalis</i>	9053	2517	7015	18585
Tüfekçioğlu vd., 2004	<i>Fagus orientalis</i>				18650
Yağcı, 2010	<i>Fagus orientalis</i>			6540	
Mısır ve Mısır, 2013	<i>Fagus orientalis</i>	4759	2617	8306	15682
Kartal, 2013	<i>Fagus orientalis</i>	1526	1457	8158	11141
Özbayram ve Güvendi, 2016	<i>Fagus orientalis</i>			16700	
Bülbül, 2012	<i>Picea orientalis</i>	570-4670	872-9560	1360-13191	
Kırış, 2009	<i>Pinus sylvestris</i>			9272	
Yavuz vd., 2010	<i>Pinus sylvestris</i>	3022-7478	801-3477	9328	
Özdemir, 2011	<i>Pinus sylvestris</i>	5531	1658	3663	10852
Bilmiş, 2010	<i>Pinus brutia</i>	3817	950	1016	5783
Tüfekçioğlu vd., 2010	<i>Pinus brutia</i>	3772	1078		
Tüfekçioğlu ve Güner, 2008	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1449	389	4018	
Mısır ve Mısır, 2012	<i>Abies nordmanniana</i>	1685-9214	4097	11762	
Ostonen vd., 2005	<i>Picea abies</i>				48260
Green vd., 2007	<i>Picea sitchensis</i>				32700
Dimitrova vd., 2015	<i>Picea abies</i>				281500
	<i>Quercus frainetto</i>				116300
	<i>Pinus sylvestris</i>				207400
	<i>Fagus sylvatica</i>				72400

Tablo 40. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarına ilişkin bazı çalışmalar

Çalışmalar	Ağaç Türü	Kök Kütlesinde Depolanan Karbon Miktarı (kg/ha)			
		Kılcal	İnce	Kalın	Toplam
Güner ve Çömez, 2014	<i>Pinus nigra</i>				9643
Yıldız, 2021	<i>Pinus nigra</i>	518	599	3518	4635
Yağcı, 2010	<i>Fagus orientalis</i>			2290	
Mısır ve Mısır, 2013	<i>Fagus orientalis</i>	1018	1019	2724	4761
Yavuz vd., 2010	<i>Pinus sylvestris</i>	2030-2490	640-960	1290-2820	
Tüfekçioğlu ve Güner, 2008	<i>Robinia pseudoacacia</i>	533	159	1591	
Mısır ve Mısır, 2012	<i>Abies nordmanniana</i>	1620	1645	2949	6214
Dimitrova vd., 2015	<i>Picea abies</i>				22720
	<i>Quercus frainetto</i>				26170
	<i>Pinus sylvestris</i>				38770
	<i>Fagus sylvatica</i>				11850

#### 4.2. Meşcere Tiplerine Göre Köklerde Depolanan Karbon Miktarına İlişkin Tartışma

Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerindeki 9 farklı meşcere tipinden alınan ve kılcal, ince, kalın olmak üzere 3 sınıfa ayrılan köklerin depoladıkları karbon miktarları meşcere tipi bazında belirlenmiştir. Bu miktarlar Çka0 meşcerelerinde 787 kg/ha, Çka3 meşcerelerinde 947 kg/ha, Çkab3 meşcerelerinde 2727 kg/ha, Çkb3 meşcerelerinde 2310 kg/ha, Çkbc3 meşcerelerinde 4353 kg/ha, Çkcd1 meşcerelerinde 3614 kg/ha, Çkcd3 meşcerelerinde 8786 kg/ha, Çkd2 meşcerelerinde 9089 kg/ha ve Çkd3 meşcerelerinde 7758 kg/ha'dır. Çömez (2010) tarafından Sündiken Dağlarındaki sarıçam meşcerelerinden alınan 24 ağacın kökü sökülerek çıkarılmış ve toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı meşcere tipi bazında belirlenmiştir. Çalışma sonucunda sarıçam meşcerelerinin toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı gelişme çağına paralel olarak genellikle artmaktadır. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı en az Çsa meşcerelerinde bulunurken, en fazla Çsd3 meşcerelerinde bulunmaktadır. Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin de gelişme çağına göre toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı genel olarak artmaktadır. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı Sündiken Dağları sarıçam meşcerelerinde en fazla Çsd3 meşcere tipinde bulunurken, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinde ise Çkd2 meşcere tipinde bulunmaktadır. Benzer bir çalışmada Güner ve Çömez (2014) karaçam ağaçlandırma alanlarının toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarını kök sökme suretiyle, meşcere tipi bazında

belirlemiştir. Toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı Çsa meşcerelerinde 834 kg/ha, Çka3 meşcerelerinde 3821 kg/ha, Çkb2 meşcerelerinde 18597 kg/ha, Çkb3 meşcerelerinde 22113 kg/ha, Çkc2 meşcerelerinde 20546 kg/ha ve Çkc3 meşcerelerinde 30478 kg/ha'dır. Bu sonuçlar Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için meşcere tipi bazında belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarından oldukça fazladır. Tolunay vd. (2017) İstanbul yöresi kumul alanlarındaki sahil çamı ve fıstık çamı meşcerelerin kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarını belirlemek amacıyla toplamda 150 ağacın kökünü sökerek çıkarmışlardır. Bu çalışmada sahil çamı meşcerelerinin toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı Çma meşcereleri için 2130 kg/ha, Çmb meşcereleri için 14130 kg/ha, Çmc meşcereleri için 18740 kg/ha ve Çmcd meşcereleri için 23610 kg/ha olarak belirlenmiştir. Fıstık çamı meşcerelerinin toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarı ise Çfa meşcereleri için 3690 kg/ha, Çfb meşcereleri için 11250 kg/ha, Çfc meşcereleri için 18340 kg/ha ve Çfcd meşcereleri için 9720 kg/ha olarak belirlenmiştir. Sahil çamı ve fıstık çamı meşcereleri için meşcere tipi bazında belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarları Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcereleri için meşcere tipi bazında belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarından daha fazladır. Karataş vd. (2017) sedir ağaçlandırma sahaları için yaptıkları çalışmada kök kütlesinde depolanan karbon miktarını belirlemiştir. Çalışma kapsamında 40 ağacın kökü sökülerek çıkarılmış ve köklerde depolanan karbon miktarları meşcere tipi bazında belirlenmiştir. Bu miktarlar Sa meşcerelerinde 580 kg/ha, Sa3 meşcerelerinde 2160 kg/ha, Sb2 meşcerelerinde 5450 kg/ha, Sb3 meşcerelerinde 9350 kg/ha, Sc2 meşcerelerinde 15050 kg/ha ve Sc3 meşcerelerinde 19380 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada meşcere tipi bazında belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarları Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin meşcere tipi bazında belirlenen toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarından daha fazladır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesi ve bu küttelede depolanan karbon miktarı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kök çukuru yöntemiyle elde edilen kökler kılcal, ince ve kalın olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Ortalama kılcal kök miktarı 1286 kg/ha, ince kök miktarı 1431 kg/ha, kalın kök miktarı 8400 kg/ha ve toplam kök miktarı 11117 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kök çukurları açılırken toprak derinlik kademeleri (0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm ve 50-80 cm) dikkate alınmış ve her kademededen elde edilen kökler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu ayırım yapılarak Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarı hakkında daha detaylı ve sağlıklı sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Toprak derinlik kademelerindeki kılcal, ince, kalın ve toplam kök miktarı değişimi istatistiksel olarak test edilmiş ve  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olduğunu sonucuna varılmıştır. Ayrıca her örnek alandan yeri rasgele yöntemle belirlenen 2 noktada kök silindiri yöntemi ile kök örnekleri alınmıştır. Bu kök örneklerinin kılcal, ince ve kalın kök kütleleri sırasıyla 1519 kg/ha, 1122 kg/ha ve 5112 kg/ha olarak belirlenmiştir. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarları ise kılcal kökte 647 kg/ha, 459 kg/ha ve kalın kökte 1042 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Kök çukuru ile kök silindiri yöntemleri karşılaştırılmış ve aynı toprak derinliğinden, farklı yöntemler ile alınan kök örneklerinin kılcal, ince, kalın ve toplam kök kütleleri arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna varılmıştır. 80 cm toprak derinliği esas alınarak yapılan analizlerde ise bu iki yöntem arasında kılcal ve ince kök kütlesi bakımından  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark bulunmaz iken, kalın ve toplam kök kütlesi bakımından ise  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile istatistiksel olarak fark bulunmaktadır.

Kök çukuru yöntemi ile elde edilen kök kütlelerinin içerdiği karbon yüzdeleri, kılcal kökte % 40.28, ince kökte % 41.86 ve kalın kökte % 41.88'dir. Kök kütlesinde depolanan karbon miktarı, kılcal köklerde ortalama 518 kg/ha, ince köklerde ortalama 599 kg/ha, kalın köklerde ortalama 3518 kg/ha olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamındaki meşcerelerin yetiştirme ortamı verim gücü anamorfik yöntemle göre belirlenmiştir. Kılcal, ince, kalın ve toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarının bonitet sınıflarına göre farklı olup olmadığı istatistiksel olarak test edilmiş ve kök kütleleri bakımından bonitet sınıfları arasında  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ancak bu konuda daha çok örnek alan alınarak örnek sayısının artırılmasıyla tekrar değerlendirme yapılması uygun görülmektedir. Kılcal, ince, kalın ve toplam kök kütlesinde depolanan karbon miktarları meşçere tipleri bazında da belirlenmiştir. Her meşçere tipinden yeterince örnek alan alınmadığı, meşçere tipi bazında karşılaştırma yapabilmek için örnek sayısının artırılması gerektiği söylenebilir.

Bilindiği üzere iklim değişikliği ile mücadelede orman ekosistemleri karbon depolama kapasiteleri ile ön plana çıkmaktadır. Tüm karasal ekosistemlerde tutulan toprak üstü karasal organik karbonun % 80'i ve tüm toprak altı organik karbonunun % 40'ı orman ekosistemlerinde depolanmaktadır (IPCC, 2001; Mısır ve Mısır, 2017). Bu nedenle mevcut ormanların korunması, bozuk nitelikteki ormanların rehabilitasyonu ve ağaçlandırma ile orman alanlarının genişletilmesi, ülkesel ve küresel düzeyde karbon emisyonlarının azaltılması için önem arz etmektedir. Ormanların karbon depolama miktarları sürdürülebilir yönetim, ağaçlandırma ve rehabilitasyon ile arttırılabilirken; bozulma, ormansızlaşma ve yanlış yönetim ile de azaltılabilmektedir.

Mevcut çalışmalarda orman ekosistemlerinin depoladığı karbon miktarı belirlenirken kök kütlesinde depolanan karbon miktarının belirlenmesi zahmetli ve maliyetli olması nedeniyle sıkça ihmal edilmektedir. Oysa orman ekosistemlerindeki karbon miktarının göz ardı edilemeyecek kadarlık bir kısmının kök kütlesinde bulunduğu bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu nedenden dolayı yapılacak karbon çalışmalarında kök kütlesinde depolanan karbon miktarının belirlenmesi çalışmalarına ağırlık verilmelidir.

Bu çalışma kapsamında belirlenen kılcal, ince ve kalın kök kütlesinde depolanan karbon yüzdeleri, Adana-Feke yöresi saf karaçam meşçerelerinde yapılacak çalışmalarda kullanılabilir. Saf karaçam meşçereleri için belirlenecek kök kütlesi değerleri bu çalışmanın sonucunda hesaplanan karbon yüzdeleri ile çarpılmak suretiyle kök kütlelerinde depolanan karbon miktarları hesaplanabilir. Ayrıca kök örneklemesinde kullanılan kök çukuru yöntemi zahmetli ve oldukça maliyetlidir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre çalışmanın yapıldığı yöre için kılcal ve ince kök örneklemesinde kök çukuru yöntemi yerine kök silindiri yöntemi kullanılabilir. Kalın ve toplam kök örneklemesinde ise kök silindiri yönteminin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyebileceği göz ardı edilmemelidir.

Bundan sonraki çalışmalarda örnekleme sayısının artırılması ile bu konu hakkında daha genel bilgiler elde edilebilir. Kök kütlesi ve kök kütlesinde depolanan karbon miktarının kök silindiri yöntemi ile belirlenmesinde örnek alandaki tekerrür sayısının artırılması, kök çukuru yöntemi ile belirlenmesinde ise kök çukuru ebatlarının daha geniş

tutulması ve toprak derinlik kademeleri aralıklarının azaltılması önerilebilir. Yöresel bazda ve saf karaçam meşcerelerinin kök kütlesinde depolanan karbon miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmanın kullanım alanı çalışma alanıyla sınırlıdır. Bu sebeple bölgesel ya da ülke genelinde yapılacak çalışmalar ile ağaç türü bazında kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi önerilebilir.





## 6. KAYNAKLAR

- Aksu C., 2011. Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre, Güney Ege Kalkınma Ajansı, 16.
- Bıyık, Y. ve Civelekoğlu, G., 2018. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi, Bilge International Journal of Science and Technology Research,158.
- Bilmiş, T., 2010. Edirne-Keşan Korudağ Orman İşletme Şefliği Yangın Sahasında Yangının Toprak Özellikleri ve Kök Kütlesi Dinamiklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- BMİDÇS, 1994. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Tanımlar Bölümü.
- Bülbül, E., 2012. KTÜ Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Correia, A. C., Tome, M., Pacheco, C. A., Faias, S., Dias, A.C., Freire, J., Carvalho, P. O. and Pereira, J. S., 2010. Biomass Allometry and Carbon Factors for a Mediterranean Pine (*Pinus pinea* L.) in Portugal, *Forest Systems* 19, 3, 418-433.
- Çömez, A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dikmen, A. Ç. ve Yörükoğlu, M., 2003. Uluslararası Çevre Hukuku Düzenlemelerinin Kömür Özelinde Enerji Sektörüne Etkileri, TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu, 536.
- Dimitrova, V., Lyubenova, M., Zhiyanski, M. and Vanguelova, E., 2015. Roots Biomass and Carbon in Representative Forest Ecosystems in Bulgaria, *J Chem Biol Phys Sci*, 5, 2, 2090-2108.
- Dünya Meteoroloji Örgütü, 2019. WMO Provisional Statement of the State of the Climate 2019.
- Gökten, O. P., Marşap, B. ve Gökten, S., 2018. Sera Gazı Emisyon Raporlaması Bir Tercih mi Yoksa Zorunluluk mu? Kuramsal Bir Değerlendirme. Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 20, 911-922.
- Green, C., Tobin, B., O'Shea, M., Farrell, E. P., and Byrne, K. A., 2007. Above and Belowground Biomass Measurements in an Unthinned Stand of Sitka Spruce (*Picea Sitchensis* (Bong) Carr.), European Journal of Forest Research, 126, 2, 179-188.

- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A. ve Küçük, M., 2010. Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının ve Bitişindeki Otlak Alanlarının Toprak Üstü Biyokütle, Kök Kütlesi, Kök Üretimi ve Karbon Depolama Yönlerinden Karşılaştırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı, 1045-1055.
- Güner, Ş. T., Özel, C., Türkkan, M. ve Akgül, S., 2019. Türkiye'deki Sahil Çamı Ağaçlandırmalarında Ağaç Bileşenlerine Ait Karbon Yoğunluklarının Değişimi, Ormancılık Araştırma Dergisi, 167-176.
- Güner, Ş. T., and Çömez, A., 2017. Biomass Equations and Changes in Carbon Stock in Afforested Black Pine (*Pinus Nigra* *arn. subsp. Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Stands in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 2368-2379.
- Güner, Ş.T. ve Çömez, A. 2014. "Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *Pallasiana*) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi", Orman ve Su İşleri Bakanlığı Ar-Ge Dairesi.
- 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, 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, 2018. Intergovernmental Panel on Climate Change, Küresel Isınma 1.5 Derece Özel Raporu.
- Kantarıcı, M.D., 2005, Orman Ekosistemleri Bilgisi, İÜ Yayın No: 4594, Orman Fakültesi Yayın No: 488, İstanbul.
- Kaplan, Ç. ve Sağlamcı, M., 2019. İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Çevre Üzerindeki Etkileri ve Yapılan Uluslararası Antlaşmalar, 3. Uluslararası Ünidokap Karadeniz Sempozyumu, Sempozyum Kitabı, 128.
- Karataş, R., Çömez, A. ve Güner, Ş. T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi, Ormancılık Araştırma Dergisi, 107-120.
- Kartal, E., 2013. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Torul Orman İşletme Müdürlüğü Alacadağ Orman İşletme Şefliği Saf Kayın (*Fagus Orientalis* L.) Meşcerelerindeki Kök ve Toprak Kütlesi Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Kayacık, H., 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, Gymnospermae (Açık Tohumlular), İ.Ü. Orman fakültesi Yayın No: 2642/281, I.Cilt, Bozak Matbaası, Dördüncü Baskı, İstanbul, 388.
- Kırış, K., 2009. Gümüşhane Torul Yöresi Saf Sarıçam Meşcerelerinde Kalın Kök Kütlesi Değişiminin ve Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Köse, İ., 2018. İklim Değişikliği Müzakereleri, Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci, Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi, 9, 1, 55-81.
- Küçük, M., 2006. Genç Karaçam Meşcerelerinde Yangının Toprak Solunumu, Kök Kütlesi ve Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Laclau, P., 2003. Biomass and Carbon Sequestration of Ponderosa Pine Plantations and Native Cypress Forests in Northwest Patagonia, *Forest Ecology and Management*, 180, 1-3, 317-333.
- MGM, 2020. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ulusal Veri Yayınlama Takvimi, <https://mgm.gov.tr>. 28 Nisan 2020.
- Mısır, M. and 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 Ormanlık Kongresi, İnsan-Doğa Etkileşiminde Orman ve Ormanlık, 15-16 Kasım 2017, Cilt I, 417-425, Antalya.
- Mısır, M., Mısır, N. and Yıldız, A., 2019. Determining Carbon Sequestration Using Remote Sensing, 2nd International Symposium of Forest Engineering and Technologies, September, Tirana, Albania, Proceedings: 102
- Mısır, N. and Mısır, M., 2012. Root Biomass and Carbon Storage for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* (Mattf.) Stands (Western Black Sea Region). Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 225-227.
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mısır, N., Mısır, M. ve Ülker, C., 2011. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı: 301.
- NASA, 2020. National Aeronautics and Space Administration, <https://climate.nasa.gov/>. 22 Şubat 2020.

- OGM, 2019. Orman Genel Müdürlüğü, Ormanlık İstatistikleri 2019, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>. 17 Ağustos 2020.
- Ostonen, I., Lohmus K. and Pajuste K., 2005. Fine Root Biomass, Production and Its Proportion of NPP in a Fertile Middle-Aged Norway Spruce Forest: Comparison of Soil Core and Ingrowth Core Methods. *J. For. Ecol. and Manage.*, 212, 264-277.
- Özbayram, A. K. ve Güvendi, E., 2016. Sinop Yöresi Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) Meşcerelerinde Kalın Kök Biyokütlesi ile Yetiştirme Ortamı ve Meşcere Özellikleri Arasındaki İlişkiler, *Ormanlık Dergisi*, 27-33.
- Özdemir, Y. S., 2011. Ardahan Yalnızçam ve Merkez Yöresinde Saf Sarıçam Meşcerelerinin Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Peichl, M. and Arain, M. 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, 51-63.
- Ravindranath, N. H. and Ostwald, M., 2007. Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects, Vol. 29, Springer Science & Business Media, 221-226.
- Santos, D., Estrada, G. C., Fernandez, V., Estevam, M. R., Souza, B. T., and Soares, M. L., 2017. First Assessment of Carbon Stock in the Belowground Biomass of Brazilian Mangroves, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89, 3, 1579-1589.
- Saranay, S. 2017. “Ankara Orman Bölge Müdürlüğü’ndeki Genç Doğal Karaçam (*Pinus nigra*) Meşcerelerinde Bitkisel Kütle Miktarlarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Serengil, Y., 2018. İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi Tarım Orman ve Diğer Arazi Kullanımları, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Ankara, 109-111.
- Silkin, H., 2014. İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, 7.
- SKD, 2016. Sürdürülebilir Kalkınma Derneği, 100 Maddede Sürdürülebilirlik Rehberi, Uniprint Basım Sanayi ve Ticaret A.Ş., 40.
- SPSS v.22.0, 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis, Published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A. Öztürna, A.G., Pehlivan, S., Abdelkaim, M.A., 2017. İstanbul-Durusu Kumul Alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırmalarında Karbon Birikimi. TÜBİTAK TOVAG Proje No: 114O797, 148, İstanbul.

- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012. İklim Değişikliği ve Türkiye, Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/>. 23 Aralık 2019.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018a. Montreal Protokolü, <https://iklim.csb.gov.tr/montreal-protokolu-i-4364>. 20 Aralık 2019.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018b. <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>. 20 Aralık 2019.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2019. <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>. 20 Aralık 2019.
- Tüfekçioğlu, A. ve Güner, S., 2008. Artvin-Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Odun Üretimi, Biyokütle, Karbon Depolama, Toprak Islahı ve Erozyonu Önleme Yönlerinden Araştırılması.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., Bilmiş, T., Altun, L. and Yılmaz, M., 2010. Soil Respiration and Root Biomass Responses to Burning in Calabrian Pine (*Pinus Brutia*) Stands in Edirne, Turkey, Journal of Environmental Biology, 15-19.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S. and Küçük, M., 2004. Root Biomass and Carbon Storage in Oriental Spruce and Beech Stands in Artvin, Turkey, Journal of Environmental Biology, 317-320.
- Tüfekçioğlu, A., Yüksek, Güner S., Altun L., T., Kalay, H. Z. ve Yener İ., 2002. Artvin İli Merkez İlçesi Kayın ve Ladin Meşcerelerinde İnce ve Kılcal Kök Biyokütlelerinin Karşılaştırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Mayıs, Artvin, Bildiriler Kitabı, 712-717.
- URL-1, EUFORGEN, European Forest Genetic Resources Programme, <http://www.euforgen.org/species/pinus-nigra/>. 13 Ocak 2020.
- Yağcı, V., 2010. Hopa Cankurtaran Mevkiindeki Sık ve Seyrek Yetiştirilen ve İlk Aralama Çağına Gelen Doğu Kayını Meşcerelerinin Biyokütle Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Yaltırık, F., 1993. Dendroloji, Gymnospermae (Açık Tohumlular), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:3443/386, II. Baskı, Matbaa Teknisyenleri Koll. Şti., İstanbul, 320.
- Yanardağ, M. ve Bozkurt, K., 2017. Bedavacılık Sorununun Paris İklim Anlaşması Çerçevesinde Analizi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 53, 72-93.

- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. ve Küçük, M., 2010. Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri için Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK TOVAG 106O274 Nolu Proje Sonuç Raporu, Ankara.
- 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.
- Zengin, O., 2010. Giresun İli Alucra Yöresi Saf ve Karışık Sarıçam Meşcerelerinde Kalın Kök Kütlesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.



## ÖZGEÇMİŞ

Ortaöğrenimini Trabzon Fatih Lisesi'nde tamamladı. 2012 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2016 yılında tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup orta derecede İngilizce bilmektedir.

