

**T.C.**  
**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**FARKLI MEŞCERE TÜRLERİNDE ÖLÜ ÖRTÜ VE  
TOPRAKTAKİ KARBON MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**ELSEDEG HAGI M. ALMANSOURI**

**DOKTORA TEZİ**

**DOÇ. DR. MİRAC AYDIN**

**MART - 2022**

**KASTAMONU**



## TAAHHÜTNAME

*Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.*

**Elsedeg Hagı M. ALMANSOURI**

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

#### FARKLI MEŞCERE TÜRLERİNDE ÖLÜ ÖRTÜ VE TOPRAKTAKİ KARBON MİKTARININ BELİRLENMESİ

ELSEDEG HAGI M. ALMANSOURI

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI  
DANIŞMAN:DOÇ. DR. MİRAÇ AYDIN

Bu çalışma iklim değişikliğine ve bozulmalara karşı hassas, kendine özgü özellikleri olan orman ekosistemlerinin karbon depolama potansiyelleri, farklı meşcere türlerine ait ölü örtü ve toprakların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sahası olarak Kastamonu İli Merkez İlçesinde yayılış gösteren sarıçam, karaçam ve sarıçam karaçam karışık meşcereleri seçilmiştir. Çalışmada farklı meşcerelerin ölü örtü ve topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemek için ölü örtü ve toprak örnekleri alınarak analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ölü örtü örneklerinde en yüksek nem içeriği %42,39 ile Sarıçamda, en yüksek pH 7,69 ile Sarıçamda ve en yüksek karbon miktarı %33,57 ile Karaçam meşceresinde tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde en yüksek hacim ağırlığı değeri 0-5 cm derinlikte 1,81 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşceresinde, 5-10 cm derinlikte 1,83 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşceresinde ve 10-15 cm derinlikte 1,90 gr/cm<sup>3</sup> ile Sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir. Tekstür analizi sonuçlarına göre en yüksek kum miktarı %81,16 ile sarıçam meşceresinde, en yüksek kil miktarı %30,93 ile karışık meşcerede ve en yüksek toz miktarı %16,42 ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir. pH analizi sonuçlarına göre en yüksek pH değeri 8,10 ile karışık meşcerede, en düşük pH değeri ise 5,30 ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir. Elektrik iletkenlik analiz sonuçlarına göre en yüksek EC değeri 189,40 µs/cm ile karışık meşcerede, en düşük EC değeri ise 37,70 µs/cm ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek karbon oranı %2,76 ile karışık meşcerede ve en yüksek karbon miktarıda 10,63 ton/ha ile karışık meşcerede tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:**Toprak, ölü örtü, karaçam, sarıçam, karbon, toprak özellikleri

Mart 2022, 113 Sayfa

## **ABSTRACT**

### **PH.D THESIS**

#### **DETERMINATION OF CARBON CONTENT ON LITTER AND SOIL IN DIFFERENT STAND TYPE**

**ELSEDEG HAGI M. ALMANSOURI**

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING MANAGEMENT**

**SUPERVISOR:ASSOC. PROF MIRAC AYDIN**

This study was carried out to determine the carbon storage potentials of forest ecosystems, which are sensitive to climate change and degradation, and the characteristics of litter and soils of different stand types. Scotch pine, black pine and mixed stands, which are distributed in the Central District of Kastamonu Province, were chosen as the research area. In the study, litter and soil samples were taken and the analysis results were evaluated in order to determine some physical and chemical properties of litter and soils of different stands. As a result of the analysis, the highest moisture content in the litter samples was found in Scotch Pine with 42,39%, the highest pH in Scotch Pine with 7,69; and the highest carbon content in Black Pine stand with 33,57%. The highest volume weight value in soil samples is 1,81 gr/cm<sup>3</sup> at 0-5 cm depth in Black pine stand, with 1,83 gr/cm<sup>3</sup> at 5-10 cm depth in Black pine stand and with 1,90 gr/cm<sup>3</sup> at 10-15 cm depth in Scotch Pine stand was detected. According to the results of the texture analysis, the highest amount of sand with 81,16% was in Scotch pine stand, the highest amount of clay was in mixed stand with 30,93%, and the highest amount of dust was determined in Scotch pine stand with 16,42%. According to the results of the pH analysis, the highest pH value of 8,10 was found in the mixed stand, and the lowest pH value of 5,30 was determined in the Scotch pine stand. According to the electrical conductivity analysis results, the highest EC value was found in the mixed stand with 189,40  $\mu\text{s/cm}$ , and the lowest EC value was found in the Scots pine stand with 37,70  $\mu\text{s/cm}$ . According to the results of the analysis, the highest carbon content of 2,76% was found in the mixed stand and the highest carbon content of 10,63 tons/ha was determined in the mixed stand.

**KEYWORDS:**Soil, litter, black pine, scotch pine, carbon, soil properties

March 2022, 113 Page

## TEŐEKKÖR

Çalıőmamın her aőamasında hem bilgi hem de deneyimlerini benimle paylaőan, yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Miraç AYDIN'a Őükranlarımı sunarım. Çalışmanın ũlke ormancılığına ve benzer konularda çalıőacak olan araőtırmacılara yararlı olmasını dilerim.

ELSEDEG HAGI M. ALMANSOURI

Kastamonu, 2022



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ ONAYI</b> .....	<b>ii</b>
<b>TAAHHÜTNAME</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>HARİTALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Karbonun Önemi ve Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	5
2.2 Çalışmaya Konu Türler .....	23
2.2.1 Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) .....	23
2.2.2 Karaçam ( <i>Pinus nigra</i> Arnold) .....	28
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>34</b>
3.1 Materyal.....	34
3.1.1 Araştırma Alanı.....	34
3.1.2 İklim.....	36
3.1.3 Vejetasyon .....	38
3.1.4 Jeolojik Yapı .....	38
3.2 Yöntem .....	39
3.2.1 Örnek Alanların Seçilmesi.....	39
3.2.2 Arazide Yapılan Çalışmalar.....	39
3.2.3 Laboratuvarında Yapılan Çalışmalar .....	41
3.2.3.1 Ölü örtü ve toprak örneklerinin analize hazırlanması .....	41
3.2.3.2 Ölü örtü ve toprak örneklerinin nem içeriği.....	41
3.2.3.3 Toprakların kum, kil ve toz yüzdelerinin belirlenmesi .....	42
3.2.3.4 Toprak örneklerinin reaksiyonu (pH) .....	42
3.2.3.5 Toprak örneklerinin elektrik iletkenliği (EC) .....	42
3.2.3.6 Toprak örneklerinin hacim ağırlığı .....	43
3.2.3.7 Ölü örtü ve toprakta organik karbon ve toplam karbon miktarının belirlenmesi .....	43
3.2.4 Verilerin İstatistiksel Analizi .....	43
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>45</b>
4.1 Ölü Örtü Örneklerine İlişkin Bulgular .....	45
4.1.1 Ölü Örtü Örneklerinin Nem İçeriği .....	45
4.1.2 Ölü Örtü Örneklerinin pH Değerleri.....	47
4.1.3 Ölü Örtü Örneklerinin Karbon Miktarı.....	48
4.2 Toprak Örneklerine İlişkin Bulgular .....	50
4.2.1 Hacim Ağırlığı .....	50
4.2.2 Tekstür Tayini.....	55
4.2.3 pH.....	62

4.2.4	Elektrik İletkenliği (EC) .....	67
4.2.5	Karbon Oranı ve Karbon Miktarı.....	71
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>78</b>
<b>6.</b>	<b>ÖNERİLER.....</b>	<b>87</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>88</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>113</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Sarıçamın genel görünümü .....	25
Şekil 2.2 Sarıçam ibrelerinin genel görünümü.....	26
Şekil 2.3 Sarıçam tomurcuklarının genel görünümü .....	27
Şekil 2.4 Sarıçam kozalaklarının genel görünümü .....	28
Şekil 2.5 Karaçamın genel görünümü.....	30
Şekil 2.6 Karaçam ibrelerinin genel görünümü .....	31
Şekil 2.7 Karaçam kozalaklarının genel görünümü .....	32
Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu .....	35
Şekil 3.2 Ölü örtü örneklerinin alınması .....	40
Şekil 3.3 Bozulmuş toprak örneklerinin alınması .....	40
Şekil 3.4 Bozulmamış toprak örneklerinin alınması .....	41
Şekil 4.1 Ölü örtü nem içeriği değerleri (%).....	46
Şekil 4.2 Ölü örtü pH değerleri .....	48
Şekil 4.3 Ölü örtü karbon miktarı değerleri (%) .....	49
Şekil 4.4 0-5 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri .....	51
Şekil 4.5 5-10 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri .....	52
Şekil 4.6 10-15 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri .....	53
Şekil 4.7 Hacim ağırlığı değerlerinin tür ve toprak derinliğine bağlı değişimi .....	54
Şekil 4.8 0-10 cm toprak derinliğindeki kum değerleri .....	56
Şekil 4.9 0-10 cm toprak derinliğindeki kil değerleri .....	57
Şekil 4.10 0-10 cm toprak derinliğindeki toz değerleri .....	57
Şekil 4.11 10-20 cm toprak derinliğindeki kum değerleri .....	58
Şekil 4.12 10-20 cm toprak derinliğindeki kil değerleri .....	59
Şekil 4.13 10-20 cm toprak derinliğindeki toz değerleri.....	59
Şekil 4.14 Tekstür değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi ...	62
Şekil 4.15 0-10 cm toprak derinliğindeki pH değerleri .....	64
Şekil 4.16 10-20 cm toprak derinliğindeki pH değerleri.....	65
Şekil 4.17 pH değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi.....	66
Şekil 4.18 0-10 cm toprak derinliğindeki elektrik iletkenlik değerleri .....	68
Şekil 4.19 10-20 cm toprak derinliğindeki elektrik iletkenlik değerleri .....	69
Şekil 4.20 EC değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi .....	70
Şekil 4.21 0-10 cm toprak derinliğindeki karbon oranı .....	72
Şekil 4.22 10-20 cm toprak derinliğindeki karbon oranı .....	73
Şekil 4.23 0-10 cm toprak derinliğindeki karbon miktarı .....	73
Şekil 4.24 10-20 cm toprak derinliğindeki karbon miktarı .....	74
Şekil 4.25 Karbon oranı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi .....	76
Şekil 4.26 Karbon miktarı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi .....	77

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa

Tablo 3.1 Araştırma alanı meşcerelerinin özellikleri.....	34
Tablo 3.2 1930 – 2018 yılları ortalama iklim verileri.....	37
Tablo 3.3 Kastamonu Orman İşletme Şefliği'nde bulunan doğal bitki türleri.....	38
Tablo 4.1 Ölü örtü örneklerine ilişkin ortalama nem içeriği değerleri.....	45
Tablo 4.2 Ölü örtü örneklerinin nem içeriğinin istatistiksel analiz sonuçları.....	46
Tablo 4.3 Ölü örtü örneklerine ilişkin pH değerleri.....	47
Tablo 4.4 Ölü örtü örneklerinde pH değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları.....	48
Tablo 4.5 Ölü örtü örneklerine ilişkin karbon miktarı değerleri.....	49
Tablo 4.6 Ölü örtü örneklerinde karbon miktarının istatistiksel analiz sonucu.....	50
Tablo 4.7 0-5 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri.....	50
Tablo 4.8 5-10 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri.....	51
Tablo 4.9 10-15 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri.....	52
Tablo 4.10 Hacim ağırlığı değerlerinin değişimi.....	53
Tablo 4.11 Hacim ağırlığı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları.....	54
Tablo 4.12 Üst toprak ve alt toprakta tekstür analizi sonuçları.....	55
Tablo 4.13 Tekstür değerlerinin değişimi.....	60
Tablo 4.14 Tekstür değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları.....	61
Tablo 4.15 Farklı meşcere türlerinde üst toprak ve alt toprakta pH değerleri.....	63
Tablo 4.16 pH değerlerinin değişimi.....	65
Tablo 4.17 pH değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları.....	66
Tablo 4.18 Farklı meşcere türlerinde üst toprak ve alt toprakta EC değerleri.....	67
Tablo 4.19 EC değerlerinin değişimi.....	69
Tablo 4.20 EC değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları.....	70
Tablo 4.21 Üst toprak ve alt topraktaki karbon oranı ve karbon miktarı.....	71
Tablo 4.22 Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerinin değişimi.....	74
Tablo 4.23 Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları.....	75

## HARİTALAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Harita 2.1 Sarıçamın dünya üzerindeki yayılış alanı .....	23
Harita 2.2 Sarıçamın Türkiye'deki yayılış alanı .....	24
Harita 2.3 Karaçamın dünya üzerindeki yayılış alanı .....	29
Harita 2.4 Karaçamın Türkiye'deki yayılış alanı .....	29



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

<b>pH</b>	: Asidik reaksiyon
<b>EC</b>	: Elektrik iletkenliği
<b>C</b>	: Karbon
<b>Çk</b>	: Karaçam
<b>Çs</b>	: Sarıçam
<b>ÇsÇk</b>	: Sarıçam Karaçam Karışık meşcere

### Kısaltmalar

<b>gr</b>	: gram
<b>cm</b>	: santimetre
<b>µs/cm</b>	: mikrosimens/santimetre
<b>ha</b>	: hektar

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel çağda özellikle insan faaliyetlerinde ve fosil yakıt kullanımında meydana gelen artış ile arazi kullanımındaki farklılık, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonunda önemli derecede artmasına sebep olmuştur. Sanayi devrimi öncesinde 280 ppm civarlarında olan atmosferik karbondioksit konsantrasyonu 2005 yılından itibaren 379 ppm'e yükselmiştir. Bu değerler karbondioksit konsantrasyonunun her yıl yaklaşık 1,8 ppm arttığını ifade etmektedir (IPCC, 2008).

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) oranındaki artış büyük oranda sanayi faaliyetleri (Elsunousi vd., 2021; Koç, 2021a) ile ilişkili olmakla birlikte ormanlık alanlardaki miktar ve vasıf azalışı da önemli bir faktör olarak görülmektedir çünkü ormanlar başlıca karbon depolarındandır (Nwachukwu vd., 2021). 2018 yılında dünya orman kaynaklarının %35,6'sı yangınlar, su ve rüzgar erozyonu ve aşırı ağaç kesimi nedeniyle yok olmuş ve bu kapsamda dünya ülkelerinin büyük bir kısmı doğal orman kaynaklarının yarısından fazlasını toprak ve toprakla koruma statüsüne sahip ormanlara dönüştürmüştür (Imren vd., 2021). Özellikle orman yangınları, ormanlarda depolanan biyokütlenin CO<sub>2</sub> olarak atmosfere salınımı sonucunu doğurmakta ve böylece atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı artmaktadır (Ertugrul vd., 2019).

Yakın gelecekte ormanlar üzerinde çok büyük bir baskı oluşturacağı tahmin edilen etkenlerden birisi de küresel iklim değişikliğidir. Akdeniz havzasında yer alan Türkiye iklim değişikliğine karşı oldukça hassastır. Bu durum ülkemizin beklenmedik ve olağandışı hava olayları, orman yangınları, çölleşme, kuraklık, verim kaybı ve biyoçeşitlilik azalması gibi tehditlerle daha fazla karşı karşıya kalacağı anlamına gelmektedir. Küresel iklim değişikliğinin etkisi ile ülkemizde ortalama sıcaklıkların 2,5 ile 4°C arasında artacağı, bu artışın bazı bölgelerde 6°C'yi bulacağı öngörülmektedir (Cantürk ve Kulaç, 2021; Koç, 2021b, c; Varol vd., 2021a). Dolayısıyla gelecekte yağışların daha düzensiz, sıcaklıkların daha yüksek ve kuraklığın daha fazla olması beklenmektedir (Varol vd., 2022).

Bitkiler dünyadaki bütün canlı yaşamının kaynağını oluştururlar (Yigit vd., 2021). Bu durumun sebebi bitkilerin fotosentez yapabilmeleridir (Sevik vd., 2012). Bitkiler

atmosferde bulunan karbondioksiti fotosentez aracılığı ile biyokütle olarak bünyelerinde depolarlar (Sevik vd., 2020a). Bitkilerin ölmesi sonucunda, bitkinin gövdesinde depolanmış olan karbon toprakta depolanır. Dolayısı ile bitkiler atmosfer ile toprak arasındaki karbon döngüsünü sağlayan canlı mekanizmalardır (Tomlinson, 2005). Bitkisel karbon havuzunun %80'ini ormanlar oluşturmaktadır (Dixon vd., 1994; Laganière vd., 2010).

Beş büyük karbon havuzundan en büyüğü olan okyanuslarda 38.000 Pg, yer kürenin içinde depolanan kömür, gaz ve petrol olarak 5.000 Pg, toprakta 2.500 Pg, atmosferde 760 Pg ve bitkisel biyokütlede 560 Pg karbon depolanmaktadır (Lal, 2004). Karbon havuzları içerisinde en küçük değere sahip olan bitkisel biyokütle karbon depolamada oldukça önemli bir işleve sahiptir.

Ormanlarda depolanan toplam karbon ve yıllık depolama miktarı, gelecekte dünyayı tehdit edecek en önemli çevresel problemden biri olan küresel ısınmaya karşı alınacak önlemlerin şekillendirilmesinde baz alınacak önemli verilerden birini oluşturmaktadır. Küresel iklim değişikliği günümüzde kentleşme (Kilicoglu vd., 2020; 2021) ile birlikte dünyanın başat sorunlarından biri haline gelmiştir, küresel boyuttaki en önemli problemlerden birisi olarak gösterilmektedir (Ozel vd., 2021a, b). Küresel iklim değişikliğinin başlıca sorumlusu olan atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı endüstri devrimi öncesi 280 ppm iken, 1998'de 368 ppm, 2007'de 375 ppm, 2016'da 385 ppm'i geçmiş, yirmi birinci yüzyılın sonlarına doğru rakamın 500-600 ppm'e çıkabileceği tahmin edilmektedir (Mersin vd., 2019; Yigit vd., 2016a). Gelecekte atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının daha da artacağı ve bunun sonucu olarak küresel ısınma ve sera etkisinin de artacağı tahmin edilmektedir (Palanivelu vd., 2021; Pires, 2019; Ribeiro vd., 2021; Vecchi vd., 2019)

Orman ekosistemlerinde depolanan toplam karbonun %70'i orman toprakları tarafından tutulmaktadır (Dixon vd., 1994; Six vd., 2002). Orman toprakları karbon depolamanın en ucuz ve en kolay yöntemidir ve yaklaşık bin yıl boyunca depoladıkları karbonu bünyelerinde tutabilmektedirler (von Lutzow vd., 2006). Yapılan çalışmalar toprak karbon stoklarının %10,1'inin toprakların 0-50 cm'lik derinlik katmanında tutulduğunu göstermektedir.

Türkiye ormanlarındaki toplam karbon stoğunun 2.251,26 Tg olduğu ve bu stoğun %74,78'inin toprakta, %21,32'sinin toprak üstü biyoküttele ve %3,90'ının ölü örtüde depolandığı belirtilmiştir (Tolunay, 2011). Ormanların tutabileceği karbon miktarının artırılması için alınması gereken tedbirlerin başında verimsiz ormanların verimli hale getirilmesi, kaçakçılığın önlenmesi ve yönetim anlayışının karbon stoklamayı artırmaya yönelik olarak değiştirilmesi ve geliştirilmesi, kısaca ormanların miktar ve nitelik olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Toprakta bol miktarda depolanan karbon hem bulunduğu ülkeler için karbon kredisi olanağı sağlamakta hem de yeryüzü için olumlu etkiler oluşturmaktadır (Marland vd., 2001). Bu nedenle ormanlarda bol miktarda bulunan karbonun depo edilerek korunması ve topraktaki organik maddenin etkili bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Ağaç türlerinin değişmesi depolanan karbon miktarı üzerinde oldukça önemli etkiler yapmaktadır (Conen vd., 2006; Kravkaz Kuscı, 2018a, b; Yan vd., 2018).

Vejetasyon bileşenlerinden oluşan organik karbon düşük maliyet ile uzun yıllar boyunca toprakta muhafaza edilebilmektedir. Bu nedenle karbonun toprakta depolanması bilim dünyasında oldukça büyük ilgi görmektedir (Deluca ve Boisvenue, 2012; Johnson 1992, Nave vd., 2010).

Karbonun ve organik materyalin toprakta bol miktarda bulunması toprağın verimliliği, sağlığı ve besin döngüsünün devamlılığı açısından da önem taşımaktadır. Toprakta depolanan organik karbonun devamlılığının sağlanabilmesi için bu konuda yapılacak olan çalışmaların sürdürülebilir toprak ve çevre ortamının oluşmasına katkı sağlayacak yönde olması gerekmektedir.

Toprakta depolanan karbon miktarı belirlenirken en fazla kullanılan yöntem olan hacim esaslı yöntem olan, derinliği bilinen bir toprağın hacim ağırlığı ile organik karbon yüzdesinin çarpılması sonucunda bulunan değerdir (Markewitz vd., 2002; Mao vd., 2010; Sartori vd., 2007).

Bu çalışmada da Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü bünyesindeki Kastamonu Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan Karaçam, Sarıçam ve Sarıçam-

Karaçam karışık meşcerelerinde hacim esaslı yöntem kullanılarak toprakta ve ölü örtüde depolanan karbon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca bazı toprak karakterlerinin de meşcere tipine bağlı olarak değişimi incelenmiştir.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Karbonun Önemi ve Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Ormanlar en önemli karbon yutaklarından birisidir ve küresel iklim değişikliğine karşı kullanılabilir en önemli argümanlar olarak görülmektedir (Kuuluvainen ve Gauthier, 2018; Marcos-Martinez vd., 2019) Bundan dolayı ormanlarda karbon birikimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları bu bölümde kısaca özetlenmeye çalışılmıştır.

Tate vd. (1991), yaşlı kayın ormanlarında yaptıkları çalışmada ölü örtü tabakasındaki karbon miktarının 3 kg/m<sup>2</sup> olduğunu, mineral topraktaki karbon miktarının ise 15,8 kg/m<sup>2</sup> olduğunu tespit etmişlerdir.

Dixon vd. (1994), yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre orta ve yüksek enlemlerdeki ormanların karbon stoğunun 0,7±0,2 PgC/yr iken düşük enlemlerdeki ormanların karbon stoğunun 1,6±0,4 PgC/yr olduğunu ifade etmişlerdir. Dünya genelindeki orman topraklarında depolanan karbon miktarının 1.146 Pg olduğunu ve bu değer %49'unun yüksek enlemde, %37'sinin düşük enlemde, %14'ünü ise orta enlemde bulunan ormanlarda olduğunu ifade etmişlerdir.

Schauvlieghe vd. (1999), yaşlı ve genç ormanlarda yaptıkları çalışma sonucuna göre yaşlı dişbudak ormanlarında depolanan karbon miktarının 232 ton C/ha olduğunu, meşe-kayın karışık ormanlarda ise 227 ton C/ha depolandığını belirtmişlerdir. Genç dişbudak ormanlarında ise 173 ton C/ha karbon depolanırken meşe ormanlarında 117 ton C/ha karbon depolandığını ve mera alanlarında ise 128 ton C/ha karbon depolandığını belirtmişlerdir.

Schlesinger vd. (2001), Pinus taeda meşcerelerinde ölü örtüde 565 µl/l karbondioksit konsantrasyonu olduğunu tespit etmişlerdir.

Ilvesniemi vd. (2002), Finlandiyanın orman topraklarındaki toplam karbon stoğunun ortalama 5,52 kg/m<sup>2</sup> olduğunu tespit etmişlerdir. Traşlama kesimi sonucunda aynı

orman topraklarında kesimden sonraki 12 ve 27 yıllık süreçte toplam karbon stoğunda 0,5 kg/m<sup>2</sup> oranında bir artış meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Klopatek (2002), 20, 40 ve 450+ yaşlarındaki *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) meşcerelerinde 0-20 cm derinliğindeki üst topraklardaki organik karbon miktarını inceledikleri çalışmalarında en çok karbonun 40 yaşındaki meşcereden en az karbonun ise yaşlı meşcereden depolandığını belirlemişlerdir.

Karatepe (2004), Isparta’da farklı anakayalar üzerinde yetişen *Pinus nigra* Arn. supsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe ormanlarında yaptıkları çalışmada organik karbon stoğunun en yüksek andezitte, en az Gölcük formasyonunda olduğunu tespit etmişlerdir. Ölü örtüde ise en yüksek Gölcük formasyonunda, en düşük ise traki-andezit formasyonunda olduğunu tespit etmişlerdir.

Bienkowski vd. (2006), Sibiryada ölü örtüdeki karbon miktarının boreal ormanlarda %32, Subboreal ormanlarda %33,7 meralarda ise bu değerin %30,3 olduğunu tespit etmişlerdir.

Evrendilek vd. (2006), saf *Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Cedrus libani*, *Juniperus excelsa*, ve karışık *Abies cilicica*, *P. nigra*, ve *C. Libani* meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, bu meşcerelerin ortalama karbon stoklarının 97,8±79 Mg C/ha olduğu bunun 83,0±67 Mg C/ha’nın toprak üstü biyoküttele ve 14,8±12 Mg C/ha’nın ise toprak altında depolandığı tespit etmişlerdir.

Garcia vd. (2006), yaptıkları çalışma sonucunda mera alanlarında depolanan karbon miktarının ormanlık alanlarda depolanan karbon miktarından daha az olduğunu ve yağmurlu ve kurak sezonda depolanan karbon miktarının da farklılıklar gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Zhou vd. (2006), 400 yaşından büyük olan ormanlık alanlarda toprakta depolanan karbon miktarını belirledikleri çalışmanın sonucuna göre meşcere yaşı ilerledikçe depolanan karbon miktarında istatistiki olarak artış olduğunu, hacim ağırlığında ise azalış olduğunu tespit etmişlerdir.

Hobbie vd. (2006), yapraklı ve ibreli ormanlarda yaptıkları çalışmalarının sonucunda toprakta depolanan karbon miktarının ağaç türüne göre değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir.

Tolunay ve Çömez (2007), tarım alanlarına dönüştürülen topraklarda ormanlık alan topraklarına göre daha az karbon depolandığını tespit etmişlerdir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden yaptıkları çalışmaların ortak sonucuna göre ise Türkiye'de bir hektarlık alanda depolanan ortalama karbon miktarının 77,8 ton C/ha olduğunu ifade etmişlerdir.

Vesterdal vd. (2008), akçaağaç, dişbudak, limon, kayın, meşe ve ladin meşcerelerinde yaptıkları çalışma sonucunda, toprakta ve özellikle de ölü örtüde depolanan karbon miktarının ağaç türüne göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Tolunay ve Çömez (2008), Türkiye genelinde bir hektarlık arazide ortalama olarak toprakta 78,0 Mg, ölü örtüde ise 5,8 Mg olmak üzere toplam 83,8 Mg organik karbonun depolandığını ifade etmişlerdir.

Kara ve Bolat (2008), topraktaki organik karbon miktarının karaçamda ortalama %2,51 olduğunu, kayında ise ortalama %4,14 olduğunu tespit etmişlerdir.

McFarlane vd. (2009), *Pinus ponderosa*, *P. Lawson* ve *C. Lawson* var. *Ponderosa* ormanlarında iyi, orta ve kötü yetiştirme ortamlarına göre karbon stoklarının sırasıyla 199, 153 ve 66 Mg C/ha olduğunu tespit etmişlerdir.

Stendahl vd. (2010), Norveç ladininde (*Picea abies* (L.) Karst.) topraktaki organik karbon miktarının 5,7 kg/m<sup>2</sup> olduğunu, sarıçamda (*Pinus sylvestris* L.) ise 9,2 kg/m<sup>2</sup> olduğunu tespit etmişlerdir.

Sevgi vd. (2011), sapsız meşe (*Quercus petra* L.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Toros sediri (*Cedrus libani* L.) türlerinde yapılan çalışma sonucunda ölü örtüde depolanan karbon miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir

farklılık tespit edilememiştir. Toprakta depolanan karbon miktarı en yüksek Toros sedirinde en düşük ise meşede olduğunu belirtmişlerdir.

Hansson (2011), Ladin, sarıçam ve huş ormanlarında yaptığı çalışmada, mineral topraklarda tutulan karbon miktarının ağaç türlerine göre değişim gösterdiğini belirtmiştir. Depolanan karbon miktarının en yüksek ladin meşçeresinde olduğunu tespit etmiştir.

Keller vd. (2012), farklı türlerin bulunduğu tropikal ormanlarda toprakta depolanan karbon miktarı üzerinde meşçere kapalılığının ve tür farklılığının önemli derecede etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Leuschner vd. (2013), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica* L.) yaptığı çalışma sonucunda; 0-50 cm derinlikteki topraklarda depolanan karbon miktarı kayında %25 daha fazla iken, 0-5 cm derinlikteki topraklarda depolanan karbon miktarının sarıçam ormanlarında kayına kıyasla %75 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Dong vd. (2014), kavak, plantasyon, yapay çalılıklar, ekili alanlar ve çıplak alanlarda yaptığı çalışma sonucunda toprakta depolanan karbon miktarının farklı arazi kullanımlarına göre önemli derecede farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir.

Yang vd. (2014), *Larix principis-rupprechtii* plantasyonları, *Pinus armandii* secondary ormanları, *Betula platyphylla* secondary ormanları ve *Prunus salicina* çalılıklarında yaptıkları çalışma sonucunda toplam depolanan karbon miktarının yüksek düşüğe doğru sıralamasının *B. platyphylla* ikincil ormanlar (640,2 t/hm<sup>2</sup>)> *P. armandii* ikincil ormanlar (450,98 t/hm<sup>2</sup>)> *L. Principis-rupprechtii* plantasyonları (364,56 t/hm<sup>2</sup>)> *P. salicina* çalılıklarında (196,55 t/hm<sup>2</sup>) şeklinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Lukić vd. (2015), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) türlerinde yaptıkları çalışma sonucunda karaçam ormanlarında 0-5 cm derinliğindeki üst toprakta depolanan karbon miktarının daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Oubrahim vd. (2015), bozuk mantar meşesi (*Quercus suber*) ormanlarında depolanan karbon miktarının 65 ile 237 t/ha arasında değiştiğini ve bu değerlerin %51'inin toprakta %49'unun toprak üstü biyokütlede tutulduğu ifade etmişlerdir.

Tahmaz (2016), karaçam, kayın, sarıçam ve göknarın, meşcerelerinde yaptığı çalışma sonucunda yapraklı meşcere topraklarında depolanan karbon miktarının ibreli meşcere topraklarına oranla daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Liu vd. (2017), *Abies faxoniana*, doğal *Picea asperata*-yapraklı karışık ormanı, doğal ormanlar ve *Picea asperata* plantasyonlarında yaptığı çalışmada toprak organik karbon miktarının ağaç türüne göre değiştiği ifade etmişlerdir.

Liu vd. (2018), yaşı 22 ile 116 arasında değişen yarı tropikal orman ekosistemlerinde toplam karbon stoğunun  $149 \pm 12$  Mg/ha olduğunu tespit etmişlerdir.

Kelly vd. (2021), yangın şiddetine bağlı olarak şiddetli yangınlar, orta şiddetli yangınlar ya da hiç yanmamış alanlardaki yangından sonraki ilk büyüme mevsimi içerisinde *Pinus sylvestris* alanlarında CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> akışlarının, toprak mikro ikliminin ve besin içeriklerini, orman toprakları üzerindeki yanık şiddeti, meşcere yaşı ve kurtulan materyal faktörlerini incelemişlerdir.

Nottingham vd. (2020), Barro Colorado Adası'ndaki bir ova tropikal orman toprağının deneysel olarak ısıtılmasına bağlı olarak topraktaki karbon emisyonunun arttığını ve topraktaki parçalanmadan dolayı da karbon kaybına neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Don vd. (2019), ormanlardaki 0-15 cm derinlikteki yaban domuzu biyotürbasyonun orman tabanındaki ve mineral topraktaki toprak organik karbon stoklarının nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Heitkamp vd. (2021), İkinci Ulusal Orman Toprak Envanteri'nin (NFSI II) veri kümelerini kullanarak orman zeminin organik karbon stoklarının üç boyutlu bölgeselleştirilmesi ve Hessen, Almanya'nın mineral toprak zeminin 5 cm derinlik artışlarını incelemişlerdir.

Wang vd. (2019), ılıman yaprak döken ormanlar üzerinde 22 yıl N ilavesinden (100 kg N ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) sonra toprak organik karbon depolanmasını ve moleküler düzeydeki

kompozisyonlarını incelemişlerdir. Mikrobiyal biokütlede ki azalma ve özgün toprak organik karbon bileşenlerindeki artışın uzun süreçte N gübrelemesinin orman topraklarındaki C döngüsünü olumsuz yönde etkilediğini bulmuşlardır.

Wan vd. (2018), meta-analiz yöntemi kullanarak tam ağaç hasatları ile sadece gövde hasadı sonrasındaki mineral topraktaki karbon stoklarının değişimlerini etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Sadece gövde hasadı yapılan yerdeki kalıntıların tutulmasının tam ağaç hasadı yapılan alana kıyasla 0-20 cm derinliğindeki mineral toprakta %8,2 den daha fazla toprak C depolanmasına yol açtığını tespit etmişlerdir.

Lukina vd. 2021, Rusya'daki orman bitki örtüsü bileşimleri ile toprak karbon stokları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çalışmada özerk durumda olan zemin bitki örtüsünün farklı fonksiyonel kompozisyonlarına sahip 109 çam, ladin ve huş ağacı ormanından elde edilen verileri değerlendirmişlerdir. Mineral katmandaki karbon stoklarını toprak tipleri ve bitki kompozisyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Karbon birikimini en az Carbic Albic Podzols, mineral profilinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Balested vd. (2018), 1965'ten 2015'e kadar farklı iklim bölgelerindeki 112 otlak, orman ve ekili alanlardaki kararlı karbon izotop imzalarındaki değişikliklerin bir meta-analizi yoluyla atmosferden tüketilen karbon atomlarının toprak profillerine yakın zamanda dahil edilmesinin nicelleştirmişlerdir. Karbonun dahil edilmesini tek bir gösterge temelinde ifade etmek için C yeni (30–100 cm)/C yeni (0–100 cm) olan R 30-100 oranını kullanmışlardır. Bu orana göre R 30-100'un arazi kullanımına bağlı olduğunu ve yeni karbon miktarının 50 yıllık ortalama değerlerine bakıldığında ormanların, otlakların ve ekili alanların sırasıyla %19, %21 ve %29 yeni karbon içerdiğini bulmuşlardır. Tarlaların üst topraklarının otlak ve ormanlara göre daha az yeni karbon içerdiğini ve ormanlardaki alt topraklarındaki karbon miktarları ile de benzer nitelikte olduğunu belirtmişlerdir.

Xu vd. (2018), orman restorasyonu sırasında topraktaki karbon, azot ve fosfor dinamiklerini ve sitokiyometresini incelemişlerdir. subtropikal ormanlarda yaptıkları çalışmada üç restorasyon aşamasından (erken, orta ve genç) 0-10, 10-20 ve 20-30 cm

derinliklerinden aldıkları toprak örnekleri ile toprak organik karbonu toplam N ve P konsantrasyonunu belirlemişlerdir.

Gong vd. (2021), Çin'deki ekili orman alanlarının seyreltilmesi üzerine mineral topraktaki (0-30 cm) derinlikteki toprak organik karbon stokları üzerine etkisini meta analizini yapmışlardır. Seyreltmenin yapılmış olduğu dikili, ormanlardaki toprak organik karbon stoklarının %7,2 oranında arttığını görmüşlerdir. Farklı seyreltme yoğunluklarındaki %35-55 oranında yapılan seyreltme yoğunluğundaki karbon stoklarının da (+16,1) diğer seyreltme yoğunluğu seviyelerinden daha fazla arttırdığını tespit etmişlerdir.

Settineri vd. (2018), *Pinus laricio* ormanları üzerindeki seyreltme yoğunluklarına göre sistematik seyreltmenin toprağın biyolojik özelliklerini, organik madde eğilimini ve toprakta ve bitkide karbon depolanmasının nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Topraktaki karbon içeriğinin ve C/N oranının yoğun seyreltmede diğer kontrol, orta seyreltme ve tüm ağaçların kesildiği alanlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca yoğun seyreltmenin olduğu ormanlık alanlardaki toprakların enzimatik faaliyetlerinin, mikrobiyal biokütlesinin, mantar ve bakteri kolonilerin en yüksek olduğunu da belirtmişlerdir.

Alidoust vd. (2018), İran'da farklı arazi kullanım alanları (mera, orman, yağmurla beslenen ve sulanan tarım arazileri) ile topraktaki organik karbonun değişimini ve potansiyelini değerlendirmiş ve karşılaştırmışlardır. Üç farklı derinlikten (0-5, 5-15 ve 15-30 cm) aldıkları toprak örnekleri ile mera, orman, yağmurla beslenen ve sulanan tarım arazilerindeki toprak organik karbonunun sırasıyla 10,3; 20,2; 9,2 ve 10,1 g/kg<sup>1</sup> olarak bulmuşlardır. Orman toprağındaki toplam organik karbon stokunun diğer arazi kullanım alanlarından daha fazla olduğu tespit etmişlerdir.

Martínez-García vd. (2022), 2016-2018 arası üç yıllık biyometrik ve oda bazlı akı ölçümlerini kullanarak, elli orman meşçeresinde farklı toprak tipleri üzerinde net orman zeminindeki CO<sub>2</sub> değişimini ve bileşen akışlarını araştırmışlardır. Elli meşçerede ki toplam orman zeminindeki solunumunun 340 ile 549 g C m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>

arasında değiştiğini ve diri örtü ile ağaç kökü solunumunun yaşa bağlı olarak artan ve azalan eğilimler gösterdiğini de bulmuşlardır.

Giles-Hansen ve Wei (2022), 1980'den 2018'e kadar Kanada Orman Hizmetleri bütçe modelini kullanarak orman yangınları ve böcek zararı ile kümülatif orman bozulmalarının büyüklüğünü ölçmek ve bölgesel karbon stokları ve emisyonları üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamışlardır. Kümülatif orman bozulmalarının son yirmi yılda ormanların sürdürülebilir bir karbon kaynağı haline geldiği sonucuna ulaşmışlardır.

Oliveira vd. (2022), *Pinus taeda* plantasyonlarındaki silvikültürel uygulamaların toprak özellikleri üzerine etkilerini incelemek için permanganat oksitlenebilir karbonun potansiyel kullanımını incelemişlerdir. Permanganat oksitlenebilir karbonun konsantrasyonun toprak derinliği ile azaldığını fakat toprak organik karbonu ve derinlikle orantılı olarak da arttığını göstermişlerdir. *Pinus taeda* plantasyonlarının on yıllık rotasyon uzunlukları ve orman toprağı O horizonlarının karbon döngüsü dinamikleri, yönetilen plantasyonlarda bir gösterge olarak permanganat oksitlenebilir karbon duyarlılığını etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Zahng vd. (2019), yeniden ağaçlandırılmış iki ormanda topraklardaki farklı C fraksiyonlarının karşılaştırılarak ağaçlandırmalardan sonra toprak karbon stokunun geri kazanımının nasıl olduğunu değerlendirmişlerdir. Çıplak arazilerde 56 yıllık ağaçlandırmadan sonra toprak katmanındaki karbon stoklarının restore edilmiş ormanlarda plantasyon sahalarına göre daha büyük bir artış olduğunu ve dirençli karbon indekslerinin ise azaldığını ortaya koymuşlardır. Restore edilmiş ormanlardaki toprak karbon stoku hiç bozulmamış ormanlardaki karbon stoku seviyelerine benzer duruma gelmiştir ancak karbon direnç indeksleri hiç bozulmamış ormanlara göre daha düşük bulunmuştur.

De Stefano ve Jacobson (2018), arazilerin tarımsal ormana dönüştürülmesinden sonra toprak organik karbon stoklarındaki değişimleri araştırmak için meta analiz programını kullanmışlardır. Ormanlardan tarımsal arazi kullanımına geçişte 0-15 cm ve 0-30 cm'de toprak organik karbon stoklarında sırasıyla %26 ve %24 oranında bir

azalma olduğunu, tarımdan tarımsal ormana geçişte toprak organik karbonun toprak derinliklerine göre (0-15; 0-30; 0-100 cm) %26, %40 ve %34 oranında arttığını, mera/otlaktan tarımsal ormancılığa geçildiğinde 0-30 cm’de %9 -10 oranında önemli bit toprak organik karbonu artışının olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Ekili olamayan ve diğer arazi kullanımlarında tarımsal ormancılığa geçişte 0-30 cm’de toprak organik karbon stokunu artırırken 0-60 cm’de bir düşüş gözlemlendiğini de belirtmişlerdir.

Hu vd. (2021), Çin’deki karst bölgesinin kalkerli topraklarında karşılık gelen bir sıcaklık ve bir yükseklik gradyanı ile 15 yıllık bitki örtüsü restorasyonun toplam toprak organik karbonunun, partikül organik karbonun ve mineraller ilişkili organik karbon miktarını ölçmüşlerdir. Genel olarak hem plantasyon sahasındaki hem de çalılık alanlardaki toprak organik karbonu ile partikül organik karbonunun ekili alanlara oranla daha yüksek olduğunu ancak erişkin bir ormanlık alanından daha düşük olduğunu ayrıca da plantasyon sahaları ile fundalık alanlardaki toprak organik karbonu arasında da önemli bir fark olmadığını da göstermişlerdir.

Meena vd. (2018), Orta Hint Himalaya ekosistemleri altındaki farklı arazi kullanım sistemlerindeki toprak karbonu, azot depolama ve karbon yönetimini araştırmışlardır. Dört farklı arazi de (çorak, ekili, otlak ve orman) orman arazisinin en yüksek Walkley-Black karbon, toplam karbon, toplam nitrojen, karbon ve nitrojen depolama ve karbon yönetim indeksine sahip olduğunu, en az ise çorak arazilerde olduğunu tespit etmişlerdir. Genel olarak arazi kullanım sistemlerinin karbon, azot depolanma ve karbon yönetim indeksi ile ilişkili olduğunu göstermektedirler.

Sokol ve Bradford (2019), mineral stabilize toprak organik karbon havuzuna mikrobiyo biokütle yoluyla çözülmüş organik karbonun yeraltı ve yer üstü toprak altı giriş yollarını farklılaştıran üç olası mekanizma (1; kat edilen mesafe, 2; bir karbon bileşiğinin girdiği bölgedeki mikrobiyal bolluk, 3; karbon dağıtımının sıklığı ve hacmi) üzerine çalışmışlardır. Mikrobiyal oluşum aracılığıyla yeraltı girdilerinin yerüstü girdilerinden daha verimli bir şekilde mineral stabilize toprak karbonu oluşturduğunu, bunun nedeni rizosfer mikrobiyal topluluğunun toplu toprak alanına göre daha fazla olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yerüstü ve yeraltı karbon girdilerinin nispi katkılarının büyük ölçüde rizosfere bağlı olduğunu göstermişlerdir.

Babu vd. (2020), beş farklı arazi (kızılağaç (*Alnus nepalensis*) + büyük kakule (*Amomum subulatum*), kızılağaç + zerdeçal (*Curcuma longa*), zencefil (*Zingiber officinale*) + mısır (*Zea mays*), zencefil ve bozulmamış orman) üzerine yapmış oldukları çalışmada bozulmamış orman topraklarının en yüksek organik karbon, pasif karbon, mikrobiyal biyokütle karbonu ve dehidrojenaz aktivitelerinin en fazla olduğunu bulmuşlardır. Orman ve kızılağaç+büyük kakule sistemi altındaki toprakların diğer alanlara göre kararsız C fraksiyonlarında daha yüksek bir yapıya sahip olduğunu bundan dolayı topraktaki C değerlerini eski haline getirmek için kızılağaç+büyük kakule sisteminin kullanabilir olduğunu önermişlerdir.

Ali vd. (2020), Pakistan'da yapmış oldukları arazi çalışmasında, en düşük karbon stoklarının (%0,1) kuru tropik diken ormanlarında, en yüksek karbon stoklarının ise denizaltı ormanlarında  $69,5 \pm 7,2$  t/ha bulunduğunu, nemli ılıman ormanların  $68,5 \pm 6,7$  t/ha ve kuru ılıman ormanlarında  $60,7 \pm 6,5$  t/ha toprak karbon stoku bulundurduğunu belirtmişlerdir.

Fernández-Alonso vd. (2018), *Pinus sylvestris*'in *Quercus pyrenaica* ile yer değiştirmesi boyunca ölü örtüde meydana gelen değişikliklerin, toprak mikrobiyal topluluklarının yapısını ve işleyişini ve toprağın karbon (C) tutma ve nitrojeni (N) tutma kapasitesini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Çam ormanlarından meşe ormanlarına geçişte mikrobiyal topluluk yapısında ve işleyişinde önemli değişikliklerin olduğunu belirtmişlerdir. Topraktaki N mevcudiyetinin artmasına rağmen toprak karbon tutma kapasitesinin azaldığını belirtmişlerdir.

Deng vd. (2021), dünyadaki üç temel ekosistem tipi (ormanlar, çalılar ve otlak) üzerinde toprak C ve N havuzlarının kuraklığa nasıl tepki verdiğini araştırmışlardır. Kuraklığın, temel olarak dünyadaki üç ekosistem tipinin tamamında azalan bitki çöpü girdisi (%-8,7) ve ölü örtü ayrışmasının azalması (-13,0%) nedeniyle toprak organik C içeriğini (%-3,3) azalttığını bulmuşlardır. Üç ekosistem türü arasında, orman topraklarının ölü örtü C'nu (+%64, n=8) ve N içeriğini (+%33, n=6) ve ayrıca mikrobiyal CO<sub>2</sub>'yi (+16%, n=55) güçlü bir şekilde artırırken, toplam CO<sub>2</sub> emisyonu etkilememiştir.

Adkins vd. (2019), toprak C ve N havuzlarının boyutlarının ve mineralizasyon oranlarının bir yangın şiddeti gradyanı boyunca nasıl değiştiğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Orman zemini toplam C miktarı, yüksek şiddette yangın yaşayan alanlarda, yanmamış alanlara göre daha düşük bulunmuştur. Bunun nedenin de yüksek şiddetteki alanlarda orman zemindeki materyallerin daha fazla yanmasından kaynaklı olabileceğini açıklamışlardır. Ayrıca mineral toprak içeriğinin de yağın şiddetine göre değişmediğini de tespit etmişlerdir.

López-Marcos vd. (2018), kuzey İber Yarımadası'nda (İspanya) yapılan araştırmaya dayanarak, *Pinus sylvestris* ve *P. pinaster*'in monospesifik ve karışık meşcerelerinin toprak profili boyunca karbon depolama ve değişebilir katyonlar üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. *Pinus sylvestris* meşcerelerinde karbon stokunu ve toplam organik karbon değerlerinin üst toprakta daha yüksek, *P. pinaster* meşcerelerinde daha düşük ve karışık meşcerelerde ise orta seviyede olduğunu bulmuşlardır.

Kim vd. (2018), orman zemini ve mineral toprak karbon içeriği üzerindeki incelenin etkisini değerlendirmek için her biri seyreltme uygulanmamış kontrol alanı, ara seyreltme (%15-30) ve yoğun seyreltme (%30-50) uyguladıkları, ılıman iklim altında dört çam (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), beş meşe (*Quercus* spp.) ve dört melez (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) ormanlarını incelemişlerdir. Orman zemini ve mineral toprak (0–10; 10–20 ve 20–30 cm derinlikler) karbon içerikleri, seyreltme işleminden sonra 0–1; 3-4 ve 6–7 yıl sonra belirlenmiştir. Ortalama orman tabanı ve mineral toprak (0-30 cm) karbon içeriği ( $MgC\ ha^{-1}$ ), kontrol altında sırasıyla 6,7 ve 54,1; ara seyreltmede 6,6 ve 60,7 ve yoğun seyreltmede 6,0 ve 64,7 bulunmuştur. Seyreltme etkisinin büyüklüğü ve yönü sahaya özgü olmasına rağmen, seyreltme sırasında orman zemini karbon içeriğinde az miktarda azalma ancak mineral toprak karbon içeriğinde ise artış meydana gelmiştir.

Sothe vd. (2022), Kanada da yapmış oldukları çalışmada 250 m uzaysal çözünürlükte Kanada'nın bitki ve topraklarındaki C stokları ve belirsizliklerin ilk duvardan duvara tahminlerini üretmek için çok sayıda saha ölçümü, çok kaynaklı uydu, iklim ve topografik veri ve bir makine öğrenme algoritması kullanarak karbon havuzu stoklarının boyutlarını ve dağılımlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda

yeraltı ve yerüstü biyokütle ve döküntü materyallerin toplam 21.1 Pg karbon (Pg C) depoladığını, Kanada topraklarının üst 1 m de 306 ( $\pm 147$ , %90 güven aralığı) Pg organik C depolarken, 98 Pg C'nunu turbalıklarda depoladığını tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda toprak organik karbonun Kanada'daki karasal karbon stoklarında hakim olduğunu belirtmişlerdir.

Zhou vd. (2019), üst toprağın (0-10 cm) C, nitrojen (N) ve fosfor (P) konsantrasyonlarının uzun vadeli seyreltme uygulamalarına tepkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada düşük yoğunlukta dördü seyreltme, orta yoğunlukta üçlü seyreltme, yüksek yoğunlukta iki kez seyreltme ve kontrol grubunu içermektedir. Çalışma sonucunda toprak toplam C konsantrasyonunu %48,7–50,3 oranında arttırdığını bulmuşlardır. Uzun vadeli seyreltmelerin sadece toprak C tutulmasını ve stabilitesini arttırmakla kalmadığını aynı zamanda da hücre dışı enzimlerin aktivitelerindeki kaymaların aracılık ettiği karaçam plantasyonlarında toprak besin mevcudiyetini de iyileştirdiğini göstermektedir.

Wang vd. (2020), tropikal bir ormanda, kauçuk tarımsal ormancılık sisteminde, 5 ve 15 yıllık kauçuk plantasyonlarında toprak organik maddesinin C ve N fraksiyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, yağmur ormanlarının kauçuk bazlı plantasyonlara dönüştürülmesinin toprak C ve N havuzlarını azalttığını belirtmişlerdir.

Guo vd. (2021), üst mineral toprak katmanında (20 cm) toprak organik karbonun fiziksel fraksiyonlarındaki (250–2000  $\mu\text{m}$ , 53–250  $\mu\text{m}$  ve < 53  $\mu\text{m}$  toprak agregaları) ve kimyasal fraksiyonlarındaki (dayanısız, orta ve inatçı havuzlar) değişikliklerini ve karışık bir çam-meşe ormanında sekiz yıllık deneyden sonra mikrobiyal substrat kullanımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma uygulamaları kontrol, orman tabanındaki döküntülerin uzaklaştırılması, ince odunsu alt materyal ilavesi, yaprak atığı ilavesi ve yaprak ve ince odunsu alt materyal karışımlarından oluşmaktadır. Çalışma sonucunda orman tabanındaki bitki atıklarının tamamen uzaklaştırılması hem fiziksel hem de kimyasal fraksiyonlardaki tüm toprak organik karbon fraksiyonlarının havuz boyutlarını, yaprak atıklarına veya yaprak ve ince odunsu materyallere göre daha fazla azalttığını bulmuşlardır.

Vaughan vd. (2019), dört farklı arazisi örtüsü üzerinde (ormanlar, meralar, ekili alanlar ve sulak alanlar) toprak C depolamasında bölgesel kalıpları etkileyen faktörlerini araştırmışlardır. Orman topraklarının, üst 30 cm'in de mera topraklarından marjinal olarak daha fazla toprak C'si içerdiğini, sıcaklık ve yağışın, toprak C'nin önemli bir belirleyicisi olmadığını belirtmişlerdir.

Bateni vd. (2021), geleneksel ve organik yönetim ve tipik bir silvopastoral tarımsal ormancılık sistemleri dahil olmak üzere farklı zeytinliklerde bir çalışma yapmışlardır. Ayrıca karşılaştırmalı olarak terk edilmiş bir zeytinlik ve yakındaki orman alanını da incelemişlerdir. Çalışma, yönetimden bağımsız olarak, İtalya'nın Umbria bölgesindeki zeytinlikler, diğer alanlarda yetişenlerle ve orman ekosistemleriyle karşılaştırıldığında, yüksek düzeyde toprak C stoku ile içerdiğini ve bu, bölgede benimsenen uygulamaların toprak C depolamasını olumsuz etkilemediğini göstermektedir.

Sheikh vd. (2020), *Cedrus deodara*'nın hakim olduğu ılıman ormanlardaki karbon stoklarını tahmin ederek mevcut bilgileri tamamlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada, biyokütle ve toprak karbon depolama potansiyelini anlamak ve tahmin etmek için meşcerenin alt (1750 m), orta (1900 m) ve üst (2050 m) olmak üzere üç farklı rakımı üzerine çalışılmıştır. Toprak karbon stoklarının artan toprak derinliği ve rakıma bağlı olarak önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır. Ormanlardaki bitki materyali atıklarının da rakımla ters orantılı olarak değiştiğini, yerüstü ve yeraltı biyokütle karbon stokunun da rakımla birlikte azaldığını belirtmişlerdir.

Gross vd. (2018), Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) plantasyonunda yapmış oldukları çalışmada; seyreltme ve gübreleme işlemlerinin toprak organik C ve N durumlarında nasıl bir etki ettikleri üzerine çalışmışlardır. Çalışma sonucunda; 40 yıllık tek bir rotasyon sırasında, seyreltme müdahaleleri toprak organik karbon ve N stoklarını, müdahale uygulanmamasına kıyasla sırasıyla %25 ve %27 oranında önemli ölçüde azaltmıştır. Bu azalmanın çoğu daha derin toprak katmanlarında (~20 cm'nin altında) meydana gelmiştir.

Ahirwal ve Maiti (2018), toprak CO<sub>2</sub> akışındaki değişiklikleri değerlendirmek ve referans orman alanı ile karşılaştırmak için 5 yıllık geri kazanılmamış yığıntı alanı ve

geri kazanılmış kömür madeni yığıntı sahası çalışması yapılmıştır. Referans orman sahasının odunsu biyokütle C ve toprak organik karbon stokları, 5 yıllık geri kazanılmış sahanınkinden üç kat daha yüksek bulunmuştur. Ortalama toprak CO<sub>2</sub> akışı, 5 yaşındaki geri kazanılmış yığıntı alanında en yüksek (2,37  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) ve geri kazanılmamış yığıntı alanında en düşük (0,21  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) bulunmuştur.

Yang vd. (2019), geniş yapraklı yaprak dökmeyen ormanların Moso bambu plantasyonlarına dönüştürülmesinin etkisi ve toprak organik karbon (SOC) havuzunun ve kimyasal bileşiminin nasıl değişeceğini tahmin etmek üzerine çalışma yapmışlardır. Sonuçlar, 0-40 cm toprak derinliklerinde toprak organik karbon ve mineral ilişkili organik madde karbon stoklarının bozulmamış ve kapsamlı şekilde yönetilmiş Moso bambu ormanlarında geniş yapraklı yaprak dökmeyen ormanlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir; ancak bu iki parametre yoğun olarak yönetilen Moso bambu ormanlarında da önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Ancak yoğun olarak yönetilen Moso bambu ormanları, tüm bu parametreler için geniş yapraklı yaprak dökmeyen ormanlara kıyasla önemli bir artış göstermiştir.

Liu vd. (2018), çalışmalarında kurak ve yarı kurak bölgelerdeki mineral topraklarda (0-30 cm) ağaçlandırmanın toprak organik karbonun ve toplam nitrojen stoklarının dinamikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yayınlanmış çalışmaların sonuçlarını derleyerek bir meta-analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda, sonuçlar, genel olarak, ağaçlandırmanın toprak organik karbonu stokunu %131 ve toprak nitrojen stokunu %88 oranında önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır.

Görüldüğü üzere ormanların karbon biriktirme potansiyeli konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ormanlar sadece karbon biriktirme yönüyle değil pek çok yönden çeşitli ekonomik, ekolojik ve sosyal faydalar sağlamaktadırlar (Sevik vd., 2012b). Toprakta erozyonu önlemek, iklimi dengelemek, yaban hayvanlarına barınak sağlamak, rekreasyonel amaçlara hizmet etmek bu fonksiyonlardan bazılarıdır (Şevik, 2011). Ayrıca ormanlar en önemli ekonomik kaynaklardan birisidirler (Kesik vd., 2014; Sevik, 2012).

Ormanların karbonu biyokütle olarak depo şeklinde tutarak, atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını önemli ölçüde azaltmakta ve böylece hava kirliliğini de önemli ölçüde azaltmaktadır (Cetin vd., 2017a). Günümüzde küresel ölçekteki en önemli sorunlardan birisi de hava kirliliğidir (Aydogdu ve Sevik, 2018; Cesur vd., 2021; Cetin vd., 2017b; Isinkaralar, 2022a, b, c). Yapılan çalışmalar ormanların ve bitkilerin, hava kirliliğinin her türlüünü azalttığını ortaya koymaktadır (Sevik vd., 2019a, b; Turkyilmaz vd., 2019).

Görüldüğü üzere ormanlar, çok sayıda ve çeşitte fonksiyonu yerine getirmektedirler. Ancak ormanların bu fonksiyonları yerine getirebilmeleri herşeyden önce sağlıklı bir şekilde gelişmeleri ile mümkündür. Bitki gelişimi, genetik yapı (Hrivnak vd., 2017; Ozel vd., 2020; Sevik vd., 2011) ile çevresel faktörlerin (Isinkaralar ve Erdem, 2021; Koç, 2021d, e; Ozel vd., 2021a, b; Ozkazanc vd., 2019; Varol vd., 2021b) karşılıklı etkileşimi altında gerçekleşmektedir (Sevik vd., 2020b, c; Turkyilmaz vd., 2020). Bitkilerin optimum büyüme ve gelişmelerini sağlayarak onların bu fonksiyonları en yüksek düzeyde yerine getirmelerini sağlamak, ancak bu mekanizmanın anlaşılabilmesi ile mümkündür (Isinkaralar ve Erdem 2022; Shults vd., 2020).

Bitkilerin çevreleri ile etkileşimleri pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlıdır (Koç ve Nzokou, 2021). Bitki gelişimi, bitki genetik yapısı (Savas vd., 2021; Sevik vd., 2019c,d) ile çevre koşullarının (Ertugrul vd., 2019; Ghoma vd., 2022; Varol vd., 2019a,b) karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla bitki metabolizmasını önemli ölçüde etkileyen stres düzeyi (Koç, 2021f; Topacoglu vd., 2016a,b; Turkyilmaz vd., 2018a,b,c; Ozel vd., 2021c,d), bitkinin genetik yapısı (Karakuş, 2018; Keçeci, 2019; Yigit, 2016b; Yucedag vd., 2019), hormon uygulamaları (Guney vd., 2016a,b; Gur vd., 2021; Sevik ve Guney, 2013a,b), budama, gölgeleme gibi kültürel işlemler (Koç, 2019; Ozel vd., 2021e,f) ve pek çok faktör bitki gelişimini ve dolayısıyla karbon biriktirme kapasitesini etkilemektedir.

Toprakta hem anakayaya bağlı toprak karakterleri, hem çevresel faktörler ve hem de toprak kullanımına bağlı olarak toprak bileşimi de önemli ölçüde değişebilmektedir. Bu çalışmada da değerlendirilen pH, EC, toprak strüktürü yanında toprak element içeriklerinin de bu faktörlere bağlı olarak değişimine ilişkin çok sayıda çalışma

yapılmıştır. Bu çalışmalara örnek olması açısından son yıllarda yapılan çalışmalardan birkaç tanesi aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Flynin vd. (2019), Sandspruit havzasında Western Cape, Güney Afrika'da çiftlik ölçekli toprak haritaları üretmek için dijital toprak haritalama çerçevesini optimize etmişlerdir. Çalışma sonucunda, çakıl için doğrusal modellemenin ridge regresyonu, (RMSE 9,01%, R<sup>2</sup> 0,75), kum için destek vektör makinesinin, (RMSE 4,69%, R<sup>2</sup> 0,67), kil için nicel regresyonun, (RMSE 2,38%, R<sup>2</sup> 0,529 ve toprak organik karbonu için ridge regresyonunun, (RMSE 0,19%, R<sup>2</sup> 0,41) en iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır.

Jia vd. (2022), Qinghai-Tibet Platosu'ndaki alpin çayırlarında yaptıkları çalışmada selülozik olmayan ve amino şeker havuzlarının boyutlarını ve bileşimlerini, toprak stokiyometresini toprak organik karbonunun ayrışmasını ve otsu ve çalılık bölgeler arasındaki sıcaklık duyarlılıklarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda artan bitki büyüklükleri ile topraktaki C (karbon) /P (fosfor) ve N (azot)/P oranlarının arttığını, çalılık alanlardaki bitki kalıntılarının otlak alanlara göre göre mikrobiyal dönüşümü geciktirdiğini, çalılık alanlardaki P sınırlamasının toprak organik maddesinin ayrışmasını azalttığını ortaya koymuşlardır.

Çözünmüş organik materyallerin C ve N döngüsü üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Yuan vd. (2022), kontrollü olarak yaptıkları N ilavesi ile mikrobiyal topluluk özelliklerinin çözünmüş organik madde konsantrasyonları ve bileşimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. N ilavesi sonucunda çözünmüş organik karbonun ve hidrofilik maddelerin önemli ölçüde azaldığını, fakat düşük N ilavesi yapılan alanlarda gram-negatif bakteri ve mikrobiyal biyokütle azotunun fazlalığını, topraktaki üreaz ve selobiyohidrolaz aktivitelerinin de önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır.

He vd., (2019) çalışmalarında 213 toprak örneğini ampirik veri seti olarak kullanmışlardır. İlk olarak, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn için toprak element dağılım haritaları, sıradan Kriging yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra, Kirlilik indeksi (PI) ve entegre kirlilik indeksi (IPI), Daye toprağındaki sekiz ağır metalin kapsamlı bir nicel kirlilik karakterizasyonu elde etmek için sıradan Kriging

haritalarına dayanarak hesaplanmıştır.

Entegre besin yönetimi uygulamasının toprak kalitesi ve besin sürdürülebilirliği etkisi üzerine Patra vd. (2022), kontrol grubu, %100 önerilen dozda N, P ve K, %50 dozlarda NP+%100.K+ biyo gübreler, %50 dozlarda NP+%100 K+ 1 t ha<sup>-1</sup> zenginleştirilmiş kompost ve %25 dozlarda NP+%100K+ 2 t ha<sup>-1</sup> kullanmışlardır. Çalışma sonucunda %25 önerilen dozlarda NP+%100K+ 2 t ha<sup>-1</sup> kullanımı 0-5 cm toprak organik karbonun kontrol ve N,P ve K uygulamasına göre %32 ve %24 oranında arttırmıştır.

Chen vd., (2016) çalışmalarında Kuzeybatı Çin'in kanalizasyon sulama alanında, arsenik, krom, bakır, civa, manganez, nikel ve kurşun içeriğini belirleyebilmek amacıyla 52 üst toprak örneği toplamışlardır. Çalışma sonucunda Cr, Ni ve Zn'nin esas olarak endüstriyel faaliyetlerden ve toz birikmesinden kaynaklandığı saptanmıştır.

Pirsaheb vd., (2016) çalışmalarında, 2015 yılında Kermanshah bölgesinde yüzey toprağında ağır metallerin konsantrasyonunu karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçları trafik yoğunluğunun olduğu alanlarındaki Cr, Cd ve Ni seviyelerinin referans toprak alanından daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Marrugo-Negrete vd., (2017) çalışmalarında, mevsimsel sel olayları sırasında su altında kalan madencilik alanlarından etkilenen, 83 tarım toprağındaki element konsantrasyonu, kaynaklarını ve kirlilik seviyelerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Toprak kirliliği değerlendirmesi kirlilik faktörü (CF), zenginleştirme faktörü (EF), coğrafi birikim indeksi (Igeo) ve bir risk değerlendirme kodu (RAC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok değişkenli istatistiksel analizler, temel bileşen ve küme analizleri, toprak kirlenmesinin, muhtemelen yukarı akım altın madenciliğinden atmosfer ve nehir akışı taşımacılığında kaynaklanan Hg hariç, tarımsal uygulamalardan kaynaklandığını göstermiştir.

Chen ve Lu (2018) Çin'deki Xi'an şehrinin etrafındaki bölgedeki üst topraklardan aldıkları numunelerde Zn, Co, V, As, Cu, Mn, Ba, Ni ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişler ve çalışma alanındaki bu elementlerin toprak kirliliğinin az olduğunu belirtmişlerdir.

Fernandez vd., (2018) Asturias Prenslığı'nde gerçekleştirdikleri çalışmalarında toprak element konsantrasyonlarının uzamsal dağılımını ve doğal veya antropojenik kökenli ilişkiyi analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında öncelikle, on dört element Ag, As, Ba, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Zn kaynaklarını tanımlamak için 334 toprak örneği üzerinde standart bir Ana Bileşenler Analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir. Bölgenin yüksek jeolojik heterojenliği nedeniyle, PCA analizi Coğrafi Ağırlıklı Ana Bileşenler Analizi (GWPCA) olarak bilinen bir PCA varyantı kullanılarak geliştirilmiştir.

Li vd. (2020), yangınların *Pinus nigra* ormanlarındaki toprak besinleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Toprak organik materyalinin yüksek şiddetli yangınlarda yanması ve kalan küllerdeki bazı elementlerinin toprağa sızması ile toprak pH'nın yangın şiddetine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Yangın sonrası ormanlık arazilerde de zayıf asidik bir toprak yapısı oluşmuştur.

Ashaibi (2020) Kastamonu kent merkezinde farklı karakterdeki 15 lokasyondan alınan toprak örneklerinde 12 adet element konsantrasyonunu belirlemiş ve bu elementlerin lokasyon bazında değişimleri istatistikî yöntemlerle karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda Cr, Zn, Cd, Ni, Cu, Pb ve B bakımından en düşük değerler şehir merkezi dışında sanayi bölgesi ve sanayi bölgesi kenarında yer alan lokasyonlarda elde edilmiştir. Cu, Zn, Cd, Pb ve Mn bakımından en yüksek değerler şehir merkezinde arayol kenarında, Cr, Co, Ni ve B bakımından en yüksek değer ise şehir merkezi dışındaki ziraat alanlarında elde edilmiştir.

Wang vd. (2020), yaptıkları çalışmada, toprak organik karbon bileşenlerinin (yani, toprak organik karbonu, mikrobiyal biyokütle karbonu, kolayca oksitlenen karbon, partikül organik karbon) ve enzim aktivitelerinin (yani, amilaz, katalaz, üreaz ve sukraz) dört bitki örtüsü türünde ölçmüşlerdir; kontrol (otlaklar), orman (*Xanthoceras sorbifolia*) ve çalılar (*Hippophae rhamnoides*; *Caragana korshinskii*). Bitki örtüsü türlerinin toprak organik karbon bileşenlerini ve enzim aktivitelerini önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir. Orman topraklarının toprak organik karbon içeriğinin 0–20 cm katmanda *Hippophae rhamnoides*, *Caragana korshinskii* ve otlaklar 'dan %88,43, %117,09 ve %37,53 daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

## 2.2 Çalışmaya Konu Türler

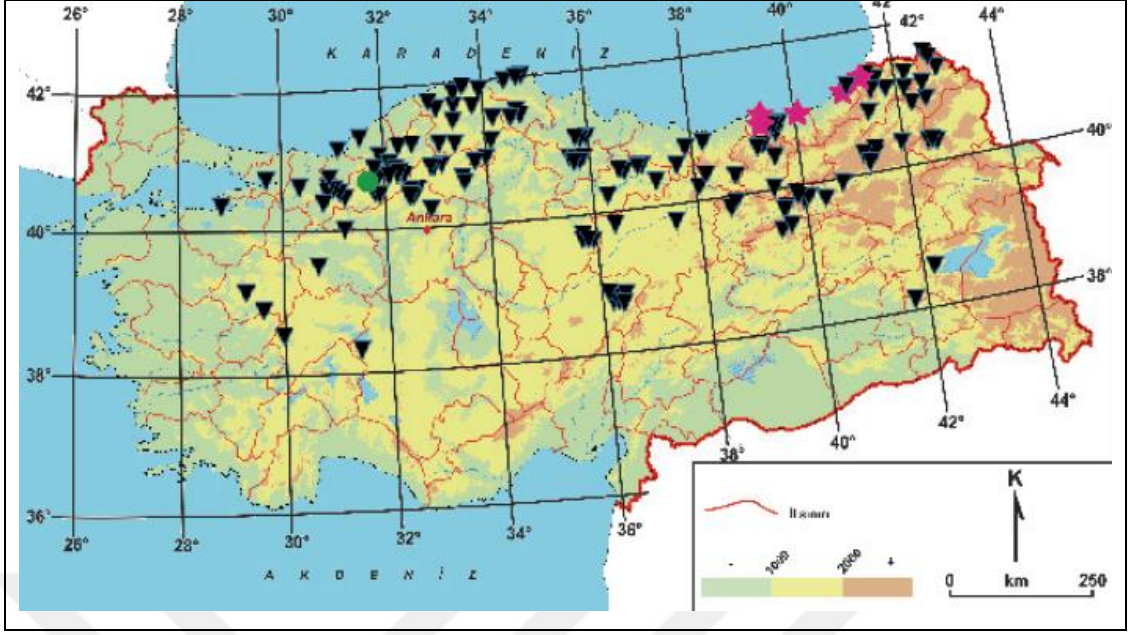
### 2.2.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Coniferea sınıfının *Pinaceae* familyasına mensup *Pinus* cinsinin bir türü olup Avrupa-Sibiryaya elementidir (Şahin, 2019). Kuzey Avrasya'nın hemen hemen tamamındaki yayılışı ile dünyanın en geniş yayılışlı çam türü olup, İspanya'nın kuzeyinden başlayarak İskocya, Rusya, Moğolistan, Türkiye ve Kafkasya olmak üzere kuzey yarım kurenin önemli bir kısmında saf ve karışık olarak yayılış yapmaktadır. Kuzey Avrupa'da sahil kesimlerinde yayılış yaparken, güneye inildikçe Türkiye'de 2700 m yüksekliklere kadar çıkan dikey, kuzey orman sınırı olan 70.enleme kadar yatay kuşakta ve çok değişik yetişme ortamı koşullarında yetişmektedir (Akkemik, 2018). Sarıçamın Dünya üzerindeki genel yayılış alanı Harita 2.1'de verilmiştir.



Harita 2.1 Sarıçamın dünya üzerindeki yayılış alanı (Wikiwand, 2022)

Sarıçamın ülkemizde ise Eskişehir'in batı kısmında bulunan Yeşil Dağ'dan başlayıp, doğu kısmına yönelerek Anadolu'nun kuzeyinde bulunan dağların yüksekte olan kısımlarından Kars-Sarıkamış dan Kafkaslar sınırına kadar doğal yayılış yapmaktadır (Şahin, 2019). Sarıçamın dünyadaki en güney yayılışı Türkiye'de olup Kayseri-Pınarbaşı Melikgazi'de orman kalıntıları bulunmaktadır ve burada yaklaşık 300-350 ha'lık bir alanda sarıçam ormanı mevcuttur. Ülkemizde bütün Karadeniz dağları boyunca saf ve karışık meşcereler kurar. Sarıçamın Türkiye'deki genel yayılış alanı Harita 2.2'de verilmiştir.



Harita 2.2 Sarıçamın Türkiye'deki yayılış alanı (Güner vd., 2018)

Sarıçamın Türkiye ormanlık alanlarındaki payı yaklaşık %6,8 olup Trabzon-Çamburnunda deniz seviyesinde görülürken Sarıkamış-Ziyarettepe'de 2700 m rakımda yayılış yapmaktadır. Sarıçam optimum yayılışını 1000-2500 m rakımlar arasında yapar. Özellikle Eskişehir-Çatacık, Karabük-Keltepe, Büyükdüz, Karabük-Yenice, Bolu-Aladağ, Kastamonu ve Sinop-Ayancık ormanlarında yetişen bireyleri sivri tepeli, boylu ve düzgün gövdelidirler (Şahin, 2019). Sarıçamın genel görünüşü Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Sarıçamın genel görünümü (URL-1)

Sarıçamın yetişme ortamı istekleri farklılık gösterdiğinden birçok alttüre, varyeteye ve formlara sahiptir. Sarıçamın coğrafi şartlar bakımından Pradvin sınıflandırması esas alarak 5 alt tür olarak belirlenmiştir. Bunlar;

- *Pinus sylvestris* L. ssp. *sylvestris*

- *Pinus sylvestris* L. ssp. *Hamata* (Steven) Fomin

- *Pinus sylvestris* L. ssp. *Lapponica* Fries

- *Pinus sylvestris* L. ssp. *Sibirica* Ledeb

- *Pinus sylvestris* L. ssp. *Kulundensis* Sukaczew şeklindedir (Şahin, 2019)

Sarıçam, uygun yetişme ortamlarında 45 m. boy, 80 cm. çap yapabilen, genellikle 100-120 yıl idare müddeti ile işletilen bir türdür. Odunu değerli olup kazık kökleri sayesinde rüzgara ve fırtınaya karşı dayanıklılık gösterir. Donlardan etkilenmez. Nem ve mineral madde isteği fazla değildir. Tipik bir ışık ağacıdır (Şahin, 2019). Genç gövdelerde ve yaşlı ağaçların üst kısımlarında, kalın dallarda tilki sarısı (parlak sarımsı kahverengi) rengindeki kabuk ince levhalar halinde ayrılır ve ismini bu kabuk renginden alır (Akkemik, 2018). İbrelere ikili demetler halinde, mavimsi yeşil 3-5 cm en fazla 7 cm boyundadır (Güner vd., 2018). İbrelere genel görünümü Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 Sarıçam ibrelere genel görünümü (URL-2)

Tomurcuklar 6-12 mm uzunluğunda, yumurtamsı-konik şekilli pulları kestane kırmızısı renginde genellikle reçinesizdir. Fakat kurak yetiştirme ortamlarında, tomurcuğun korunması için, üzerleri reçine ile kaplanmıştır (Akkemik, 2018). Tomurcukların genel görünümü Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3 Sarıçam tomurcuklarının genel görünümü (URL-3)

Dişi kozalak saplı olup aşağıya doğru sarkıktır. 2,5-7 cm uzunluğundaki olgun kozalak asimetrik olup, ışık gören tarafı daha fazla gelişmiştir. Boz-mat renkli, dar yumurtamsı-konik biçimindedir. Işık alan taraftaki apofizler çıkıntılı, çengel gibi geriye doğru kıvrıktır. Tohumları 3-4 mm uzunluğunda, siyahımsı veya koyu gri renkli ellipsoid şeklindedir. Kendisinden 3-4 defa daha büyük olan kanatlar tohumu kısıp gibi kavramışlardır. Kozalakların genel görünümü Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2.4 Sarıçam kozalaklarının genel görünümü (URL-4)

Sarıçam gerek ülkemiz ve gerekse dünya ormancılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı sarıçam üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların bazılarında sarıçamın genetik yapısı (Przybylski vd., 2022; Pyhäjärvi vd., 2020; Şevik, 2005), iklimik özellikleri (Arzac vd., 2022; Björklund vd., 2020;), toprak özellikleri (Bi vd., 2021; Bi vd., 2022; Hagenbo vd., 2021; Halifu vd., 2019; Liu vd., 2020), yetiştirme ve plantasyonları (Bueis vd., 2018; Vacek vd., 2021; Vek vd., 2020), stres faktörlerine toleransı (Kiorapostolou vd., 2018; Li vd., 2022; Song vd., 2022), zararlıları (Davydenko vd., 2021; Jaime vd., 2019), üretimi (Aun vd., 2021; Sinn vd., 2020) değerlendirilmiştir.

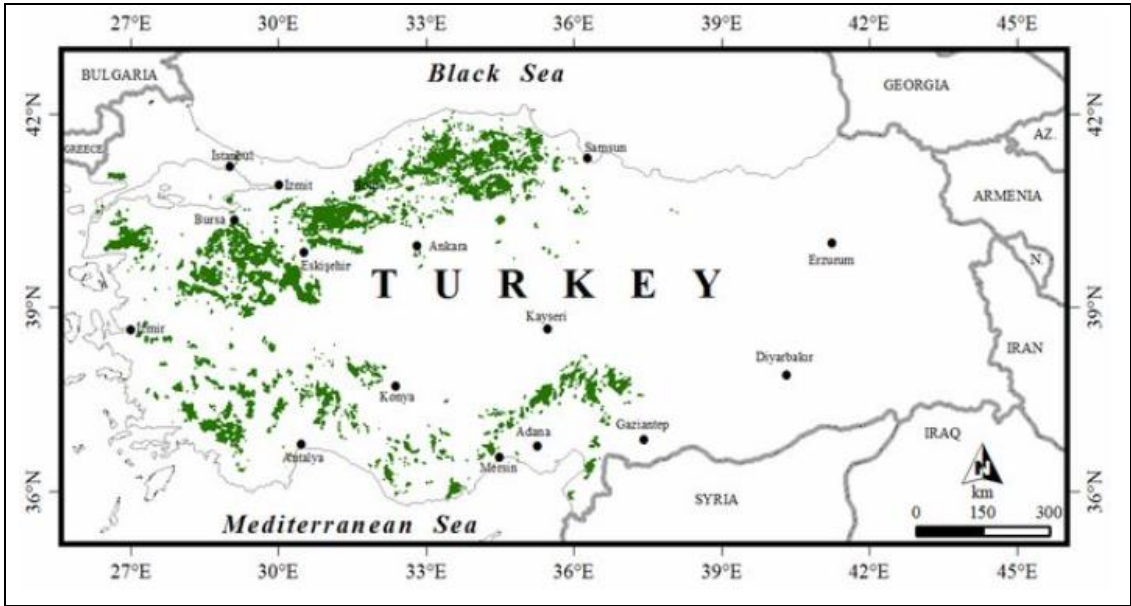
### 2.2.2 Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)

Türü tanımlayan “*nigra*” Latince siyah, kara anlamına gelir. Bu isim kabuklarının koyu olmasından dolayı verilmiştir. Çoğunlukla sarıçam ve karaçam birlikte bulunurlar. Doğal yayılış alanı Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Türkiye, Kıbrıs ve Suriye’dir. Karaçamın dünya üzerindeki yayılış alanı Harita 2.3’de verilmiştir.



Harita 2.3 Karaçamın dünya üzerindeki yayılış alanı (Güvendiren Gülsoy, 2009).

Karaçam ülkemiz için önemli asli orman ağaçlarındandır. Ülkemizde karaçam 2.639.856 ha normal kuru, 805.808 ha bozuk kuru olmak üzere toplamda 3.445.665 ha'lık alan ile orman varlığımızın %15,2'ini meydana getirmektedir. Neredeyse ülkemizin her bölgesinde yayılış göstermektedir (Erşimşek, 2021). Ülkemizdeki yayılış alanı Anadolu Çaprazı olarak adlandırılan, Maraş-Gümüşhane arasındaki hattın batı kesimlerindeki tüm dağlık alanların 400-2100 m yükseltileri arasındadır. Karaçamın Türkiye'deki yayılış alanı Harita 2.4'de verilmiştir.



Harita 2.4 Karaçamın Türkiye'deki yayılış alanı (Atalay ve Efe, 2012)

Sarıçamlar 50 m'ye kadar boylanabilen, herdem yeşil orman ağaçlarıdır. Yaşlandıkça tepe formu piramidalden şamdan şekline döner. Genç yaşlardan itibaren derin catlaklı olan kabuk, yaşlı gövdelerde kalınlaşmakta ve koyu gri-siyah renklere beyazımsı bir renge dönüşmektedir (Akkemik, 2018). Karaçamın genel görünümü Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5 Karaçamın genel görünümü (URL-5)

Sürgünleri kalın ve koyu renklidir. Tomurcukları bol reçineli, büyük, silindirik ve sivri uçludur; pullarının kenarları kirpiklidir. Kısa sürgünlerde ikili olarak yer alan iğne yapraklar 4-18 cm boyunda, sert ve koyu yeşildir. Sürgün uçlarında bulunan ibreler tomurcuğa doğru yönelmiş olduklarından çanak gibi bir boşluk oluşturur. İğne yaprakların kenarı ince dişli, uç kısımları sert ve batıcıdır (Akkemik, 2018). Karaçam ibrelerinin genel görünümü Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 Karaçam ibrelerinin genel görünümü (URL-6)

Dişi kozalaklar parlak saman sarısı, esmer renkte, yumurtamsı-konik, simetrik ve çok kısa saplıdır. Kalkan çıkık, göbek koyu renkte ve ortasında ufak bir diken bulunmaktadır. Kozalak boyu 3,5-10 cm en fazla 12 uzunluğundadır. Karaçam kozalaklarının genel görünümü Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7 Karaçam kozalaklarının genel görünümü (URL-7)

Karaçamın 5 alttürü vardır ve bunlardan *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Türün diğer alt türleri ise; *Pinus nigra* subsp. *nigra*, *Pinus nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franko, *Pinus nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Maire, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe ve *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franko'dur (Akkemik, 2018).

Karaçam ülkemiz ormancılığı için olduğu kadar dünya ormancılığı açısından da büyük önem taşımaktadır ve bundan dolayı karaçam üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların bazılarında karaçamın genetik yapısı (Aglietti vd., 2021; Alicandri vd., 2021; Alicandri vd., 2022; Muhtaba vd., 2022; Olsson vd., 2021), orman yapısı (Candel-Pérez vd., 2022), yetiştirme ve ağaçlandırma teknikleri (Ertekin ve Özel 2010; Lucas-Borja vd., 2022; Özel ve Ertekin, 2010; Tsakaldimi vd., 2021), organik karbon içeriği (Woś vd., 2022), kimyasal yapısı (Gemici vd., 2020; Fkiri vd., 2021), kuraklığa toleransı (Lucas-Borja vd., 2021; Sevik ve Cetin, 2015) konuları değerlendirilmiştir. Doğal ormanlar kurmasının yanı sıra karaçam peyzaj

alışmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır (Christopoulou vd., 2019; Klingberg vd., 2022; Picchio vd., 2022).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Araştırma Alanı

Çalışma alanı olan Kastamonu Orman İşletme Şefliği; Batı Karadeniz Bölgesinde, Kastamonu İli'nin batısında yer almaktadır. Kastamonu Orman İşletme Şefliği, 41° 18' 14"- 41°28'55" Kuzey enlemleri ile 33° 32' 08"- 33° 36' 55" Doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Plan Ünitesi ormanları Batı Karadeniz bölgesinin iç kısmında yer almaktadır. Arazi yüksekliği 756 m rakımdan başlayarak 1.512 m rakımlı Kavakoluğu Tepe'ye kadar yükselmektedir.

Çalışma kapsamında belirlenen deneme alanları Kastamonu Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan alandadır. Birbirlerine yakın ve benzer özelliklere sahip olan Karaçam, Sarıçam ve Sarıçam-Karaçam Karışık meşcereleri deneme alanları olarak seçilmiştir (Şekil 3.1).

Araştırma alanından toprak ve ölü örtü örnekleme yapılan karaçam, sarıçam ve sarıçam-karaçam karışık meşcerelerine ait silvikültürel özellikleri (kapalılık ve meşcere tipi) Tablo 3.1'de verilmiştir (Anonim, 2014).

Tablo 3.1 Araştırma alanı meşcerelerinin özellikleri

Ağaç Türü	Meşcere Tipi	Kapalılık %	
Karaçam	Çkbc2	2	41-70
Sarıçam	Çsbc2	2	41-70
Sarıçam-Karaçam	ÇsÇkc3-2	2	41-70



### 3.1.2 İklim

İşletme Şefliği ormanlarının bulunduğu alanın meteorolojik özelliklerini yansıtabilecek en yakın meteoroloji istasyonu Kastamonu il merkezinde bulunmaktadır. Meteorolojik rasat değerleri tablosu, bu istasyonda 1930-2018 yılları arasında yapılan 88 yıllık döneme ait ölçmelerden yararlanılarak düzenlenmiştir.

Kastamonu Meteorolojik Rasat istasyonu verilerine göre yıllık yağış tutarı 481,9 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 9,8° C'dir. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık 16,3° C ve yıllık ortalama minimum sıcaklık 4,1° C'dir (Tablo 3.2). Thornthwaite yöntemine yapılan su bilançosu değerlendirmesine göre; Temmuz-Ekim ayları arasında Kastamonu'da su açığı bulunmaktadır.

İşletme Şefliği ormanları, Türkiye Makro İklim Bölgeleri ayırımına göre Batı Karadeniz İklim Tipi Bölgesi'nde yer almaktadır. Ancak Karadeniz'e bakan yamaçlar yüksek dağlarla kaplı olduğundan; deniz etkisi, Karadeniz Ardı olan bölgede azdır. Bu nedenle; bölgede gece-gündüz ve yaz-kış arasındaki sıcaklık farkları, Karadeniz'e bakan yamaçlardan daha yüksektir. Yıllık yağışın büyük bir kısmı ilkbaharda (Mart-Haziran) yağar. Yağışlar İlkbahar ve sonbaharda yağmur, kışın ise kar şeklinde ve bol yağmakta; yazın genelde kurak geçmektedir. Arazi yapısı kuzeye, güneye, güneydoğu ve güney-batıya meyillidir. Plan ünitesinde rakımın yüksek olduğu ve deniz etkisinin bulunduğu kuzeye meyilli kısımlarında karaçam, sarıçam, göknar kayın ve gürgen ağaç türleri yayılış gösterir. Güney ve güney-doğu kısımlarında ise karaçam ve sarıçam ağırlıklı olmak üzere meşe ağaç türü de mevcuttur (Anonim, 2014).

Tablo 3.2 1930 – 2018 yılları ortalama iklim verileri

	Ölçüm Periyodu: 1930 – 2018												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ort. Sıcaklık (°C)	-1,0	0,7	4,3	9,6	14,2	17,6	20,3	20,0	15,7	10,7	5,1	0,8	9,8
Ort. En yüksek Sıcaklık (°C)	3,1	6,0	10,9	16,6	21,2	24,7	27,8	28,1	23,9	18,1	10,9	4,8	16,3
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-4,6	-3,5	-0,9	3,4	7,6	10,4	12,3	12,2	8,9	5,2	0,9	-2,5	4,1
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17,3	21,1	27,8	31,4	35,1	37,5	42,2	40,2	36,5	32,5	24,7	21,1	42,2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-26,9	-22,3	-19,7	-8,5	-3,6	0,2	3,8	0,9	-1,5	-7,5	-19,3	-23,7	-26,9
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2,4	3,7	4,6	5,8	7,3	8,6	9,9	9,6	7,4	5,6	3,8	2,1	70,8

### 3.1.3 Vejetasyon

Kastamonu Orman İşletme Şefliğinin, genel alanı 24.353,4 hektardır. Bu alanın; verimli ormanlık sahası 15.762,7 hektar, verimsiz ormanlık sahası 887,2 hektar olup, toplam ormanlık sahası 16.649,9 hektardır. İşletme şefliğinin ormansız alanı (orman içi ve dışı açıklık, ziraat, mezarlık, iskân vb.) 7.703,5 hektardır (Anonim, 2014).

İşletme Şefliğinde ibrelili ve yapraklı türler mevcut olup, tespit edilen odunsu ve otsu bitkiler Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 Kastamonu Orman İşletme Şefliği'nde bulunan doğal bitki türleri

Karaçam	<i>Pinus nigra</i>	Menekşe	<i>Viola kitaibeliana</i>
Sarıçam	<i>Pinus sylvestris</i>	Eğrelti	<i>Pteridium</i>
Göknar	<i>Abies nordmanniana</i>	Isırgan	<i>Urtica</i>
Sedir	<i>Cedrus libani</i>	Ateş dikenli	<i>Pyracantha</i>
Kayın	<i>Fagus orientalis</i>	Sütleğen	<i>Euphorbia</i>
Meşe	<i>Quercus</i>	Ökse otu	<i>Viscum album</i>
Kavak	<i>Populus tremula</i>	Siklamen	<i>Cyclamen</i>
Ardıç	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Atkuyruğu	<i>Equisetum</i>
Akçaağaç	<i>Acer</i>	Böğürtlen	<i>Rubus</i>
Gürgen	<i>Carpinus betulus</i>	Kuşburnu	<i>Rosa</i>
Yalancı akasya	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Menengiç	<i>Pistacia</i>
Dişbudak	<i>Fraxinus</i>	Orman çileği	<i>Fragaria vesca</i>
Ceviz	<i>Juglans regia</i>	Orman sarmaşığı	<i>Hedera helix</i>
Ahlat	<i>Pyrus</i>	Çayır otları	<i>Graminea</i>
Kızılcık	<i>Cornus mas</i>	Alıç	<i>Crataegus</i>
Laden	<i>Cistus laurifolius</i>	Fındık	<i>Corylus</i>

### 3.1.4 Jeolojik Yapı

Kastamonu Orman İşletme Şefliğinin jeolojik ve minerolojik yapısı, M.T.A Enstitüsünce hazırlanmış olan 1/500.000 ölçekli jeolojik haritasından yararlanılarak çıkarılmıştır. Şeflik sahasının Kastamonu şehir merkezine yakın bölümleri Kalker fasiesinde Eosenle formasyonu umumiyetle flis fasiesinde veya volkanik fasiesinde gelişmiştir. Kalkerli teşekküller nispeten az olup mahdup yerlerde tezahür eder. Kastamonu Araç asfaltının Kastamonu'ya yakın böklümleri Mesozoik (ofiolitik seri)

ekseriye kretase (Mof) ince zereli Litakel kerler, spilit, diabaz, bazalt ve andezit cinsinden amiğdaloid bünyede ve yastık-pillov şeklinde denizaltı lavları, ayrıca bloklar halinde beyaz-gri ve ekseriya masif kalkerlerde bu birliğe dahil olunur. Doğu bölümlerinde ise Metaformik seriler devamlı ve geniş masifler halinde tezahür ederler. Metamorfik seriler içinde oldukça mühim bir miktarda yeşil şistler, serpantin şist, diabazlar ve hatta kırmızı kalkerler yer almaktadır (Anonim, 2014).

## **3.2 Yöntem**

### **3.2.1 Örnek Alanların Seçilmesi**

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında bulunan Sarıçam, karaçam ve sarıçam-karaçam karışık meşcereleri hem ormancılık faaliyetleri açısından yoğun olması hemde bu alanlarda daha önce benzer çalışmaların yapılmamış olması bu çalışmanın başlangıç noktalarından olmuştur. Kastamonu Orman İşletme Şefliğine ait meşcere haritasından, orman ağaçları altında gelişen toprakların ve ölü örtülerin karbon depolama miktarlarının belirlenmesi için meşcere özellikleri, topografik yapı ve iklimik faktörlerin birbirlerine benzer özellik gösterdiği meşcerelerin bulunduğu yerler seçilmiştir. Çalışmanın esas amacına uygun olarak Kurucaören Köyü mevkiinde bulunan aynı kapalıdaki sarıçam, karaçam ve sarıçam-karaçam meşcerelerinden örnek alanlar seçilmiştir.

### **3.2.2 Arazide Yapılan Çalışmalar**

Araştırma materyalini karaçam, sarıçam ve sarıçam-karaçam meşcereleri altında biriken ölü örtü örnekleri ve farklı derinlik kademelerinden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri oluşturmaktadır. Çalışma alanından hacim ağırlığını belirlemek için 90 adet bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Ölü örtü örneklerinin tabaka ayrımının zor olması ve doğal yapısında bozulma meydana gelmemesi için yaprak, çürüntü ve humus tabakaları 3 ayrı tabaka yerine yaprak ve çürüntü+humus olmak üzere iki ayrı tabaka şeklinde alınmıştır (Şekil 3.2). Araştırma alanlarında 20x20cm çerçeve içinde kalan ölü örtü örneği alınırken mineral toprak ile karışmamasına dikkat edilerek alınmıştır.



Şekil 3.2 Ölü örtü örneklerinin alınması

Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için her bir örnekleme noktasından 0-10cm ve 10-20 cm olmak üzere 2 farklı derinlik kademesinde 20'şer adet bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Bozulmuş toprak örneklerinin alınması

Toprak örnekleme noktalarından 0-5cm; 5-10cm ve 10-15cm olmak üzere 3 farklı derinlik kademesinden 30'ar adet bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Hacim silindirleri kullanılarak hacim örnekleri alınırken, çakma esnasında silindir içindeki

toprağın sıkıştırılmamasına ve toprakların strüktürünün bozulmamasına özen gösterilmiştir (Armolaitis vd., 2013; Brown ve Lugo, 1990).



Şekil 3.4 Bozulmamış toprak örneklerinin alınması

### 3.2.3 Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar

#### 3.2.3.1 Ölü örtü ve toprak örneklerinin analize hazırlanması

Laboratuvar ortamında hava kurusu hale getirilen toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir (Mubyana-John ve Masamba, 2014).

Hava kurusu hale getirilen ölü örtü örnekleri ise pH ve organik karbon miktarlarını belirlemek için 1 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

#### 3.2.3.2 Ölü örtü ve toprak örneklerinin nem içeriği

Ölü örtü örneklerinin nem içeriğinin belirlenmesi için 70°C sıcaklıkta 24 saat kurutma işlemi uygulanmıştır. Toprak örneklerinde ise nem içeriğini belirlemek için 105°C'de 24 saat süreyle kurutma işlemi uygulanmıştır (Karaöz, 1992).

### **3.2.3.3 Toprakların kum, kil ve toz yüzdelerinin belirlenmesi**

Örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinin kum, kil ve toz yüzde değerlerinin belirlenmesi için Bouyoucos Hidrometre Metodu kullanılmıştır (Bouyoucos, 1962; Eruz, 1979).

Araziden alınan toprak örnekleri belirli bir süre bekletilip hava kurusu hale geldikten sonra elenerek hassas terazi ile yüzer gram olacak şekilde ölçülüp 600 ml'lik beherlere koyulur. Üzerine %5'lik 100 ml Na-Hegzametafosfat (kalgon) ilave edilir ve bu karışım 250 ml olana kadar saf su ilave edilerek karıştırılır. Kil tanecikleri arasında bağlayıcı görev yapan Ca ve Na'nın yer değiştirmesini sağlamak için karışım bir gün bekletilir. İkinci gün beherdeki solüsyon, çırpıcı kabından dışarı taşmasını engellemek için en az miktarda su kullanılarak çırpıcı kabına boşaltılır. Çırpıcı kabına alınan karışım 5 dakika süre ile karıştırılarak ve elde edilen karışım yine saf su kullanılarak tekstür kabına boşaltılır. Karışıma 1000 ml'ye gelene kadar saf su ilave edilir ve köpük oluşturmayacak şekilde bir karıştırıcı yardımı ile 1 dakika süre ile karıştırılır. 40 saniye sonra hidrometre aleti karışıma yavaş bir şekilde bırakılır. Denge haline gelmesi için beklenir ve tam dengede olduğu zamanda ilk okuma yapılır. Daha sonra termometre ile sıcaklığına bakılır. İki saat bekledikten sonra ikinci okuma yapılır (Özyuvacı, 1971).

### **3.2.3.4 Toprak örneklerinin reaksiyonu (pH)**

Toprak örneklerinin pH değerlerinin belirlenmesi için 1/2,5 oranında toprak-saf su süspansiyonu hazırlanarak cam elektrotlu pH metre ile ölçüm yapılmıştır (Gülçur, 1974; Irmak, 1954; Özyuvacı, 1971). Toprak pH'ı kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçleri etkileyerek, toprak fonksiyonları, üzerine oldukça etkiye sahip bir faktördür (Melek, 2020).

### **3.2.3.5 Toprak örneklerinin elektrik iletkenliği (EC)**

Toprak örneklerinin elektrik iletkenlik değerlerinin belirlenmesi için 1/5 oranında toprak-saf su süspansiyonu hazırlanarak cam elektrotlu EC metre ile ölçüm yapılmıştır (Eruz, 1979; Gülçur, 1974).

Topraklardaki EC değeri 0-4 mS/cm<sup>-1</sup> veya tuz miktarı % 0,15 ve daha az ise tuzluluk tehlikesi yok kabul edilmektedir. EC değeri 4-8 mS/cm<sup>-1</sup> veya tuz oranı %0,15-0,35 arasında olan topraklar hafif tuzlu, EC değeri 8-15 mS/cm<sup>-1</sup> veya %0,35-0,65 arasında olan topraklar orta tuzlu kabul edilmektedir. EC değeri 15 mS/cm<sup>-1</sup>'den veya tuz oranı %0,65'den yüksek oranda tuzlu olan topraklar ise kuvvetli tuzlu olarak kabul edilmektedir (Özgövcikli, 2020).

### **3.2.3.6 Toprak örneklerinin hacim ağırlığı**

5x5 cm silindirler ile alınan toprak örneklerinin fırın kurusu ağırlıklarının, silindirin hacmine oranlanması ile toprakların hacim ağırlıkları "g/cm<sup>3</sup>" olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954).

### **3.2.3.7 Ölü örtü ve toprakta organik karbon ve toplam karbon miktarının belirlenmesi**

Ölü örtü ve toprak örneklerinin karbon miktarının belirlenmesi için Walkley-Black yakma yöntemi kullanılmıştır. Organik karbon içeriği, toprak kütlesi, hacim ağırlığı ve toprak derinliği verilerden yararlanılarak ton/ha cinsinden hesaplanmıştır (Lee vd., 2009). Topraktaki karbon miktarını belirlemek için ise hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayılarından yararlanılarak hesaplama yapılmıştır.

### **3.2.4 Verilerin İstatistiksel Analizi**

Çalışma sonucunda elde edilen veriler SPSS 20.00 paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu paket programı içerisinde farklı ağaç türlerine ait ölü örtü ve topraktaki karbon miktarı ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmıştır (Altunışık vd. 2002).

Bu amaç doğrultusunda öncelikle veriler excell programına girilmiş daha sonra SPSS 20.0 paket programı kullanılarak her bir faktör için ayrı ayrı karakterlerin faktörlere bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde (p<0,05) anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla varyans analizi uygulanmıştır. Daha sonra

istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde ( $p<0,05$ ) anlamlı olduğu belirlenen faktörler için Duncan testi uygulanarak homojen gruplar oluşturulmuş, elde edilen veriler tablolaştırılarak yorumlanmıştır.



## 4. BULGULAR

### 4.1 Ölü Örtü Örneklerine İlişkin Bulgular

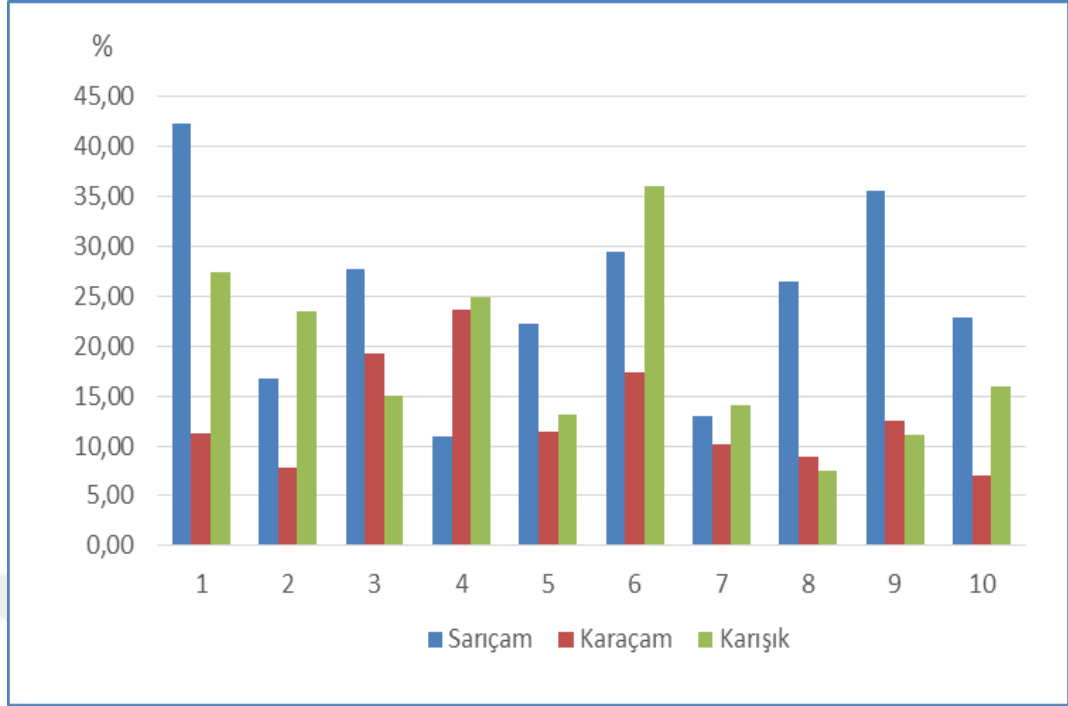
#### 4.1.1 Ölü Örtü Örneklerinin Nem İçeriği

Farklı meşcere türlerinden alınan ölü örneklerindeki nem içerikleri Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Tablodaki değerleri incelediğimizde her üç meşcere türünde en yüksek nem içeriği %42,39 ile Sarıçam meşceresinde görülürken en düşük nem içeriği %7,04 ile Karaçam meşceresinde görülmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Ölü örtü örneklere ilişkin ortalama nem içeriği değerleri

Nem İçeriği (%)	Örnekleme noktası									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sarıçam	42,39	16,71	27,76	10,93	22,32	29,38	13,03	26,48	35,54	22,94
Karaçam	11,28	7,85	19,25	23,59	11,43	17,37	10,09	8,87	12,48	7,04
Karışık	27,45	23,45	14,97	24,88	13,17	36,02	14,09	7,53	11,10	16,02

Sarıçam meşceresinde en yüksek nem içeriği %42,39 olarak en düşük nem içeriği %10,93 olarak; Karaçam meşceresinde en yüksek nem içeriği %23,59 olarak en düşük nem içeriği %7,04 olarak; Karışık meşcerede en yüksek nem içeriği %36,02 olarak en düşük nem içeriği ise %7,53 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Ölü örtü nem içeriği değerleri (%)

Ölü örtü örneklerinin nem içeriklerinde yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre istatistiksel olarak gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde ( $p < 0,05$ ) farklılık olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Ölü örtü örneklerinin nem içeriğinin istatistiksel analiz sonuçları

Örnekler	Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. hata	Min.	Max.
Çs	20	24,7485 b	15,44647	3,45393	7,71	68,84
Çk	20	12,9255 a	6,26279	1,40040	3,98	26,75
ÇsÇk	20	18,8690 ab	13,57481	3,03542	4,96	60,35
F Değeri		4,537*				

Her üç meşcere türüne ait nem içerikleri istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir. Çalışma sonucunda en düşük değer Çk, en yüksek değer Çs meşcerelerinde elde edilmiş ve bu meşcerelerde elde edilen değerler Duncan testi sonucunda ayrı birer grup oluşturmuştur. ÇsÇk meşcerelerinde elde edilen değer ise Duncan testi sonucunda iki grupta birden yer almıştır.

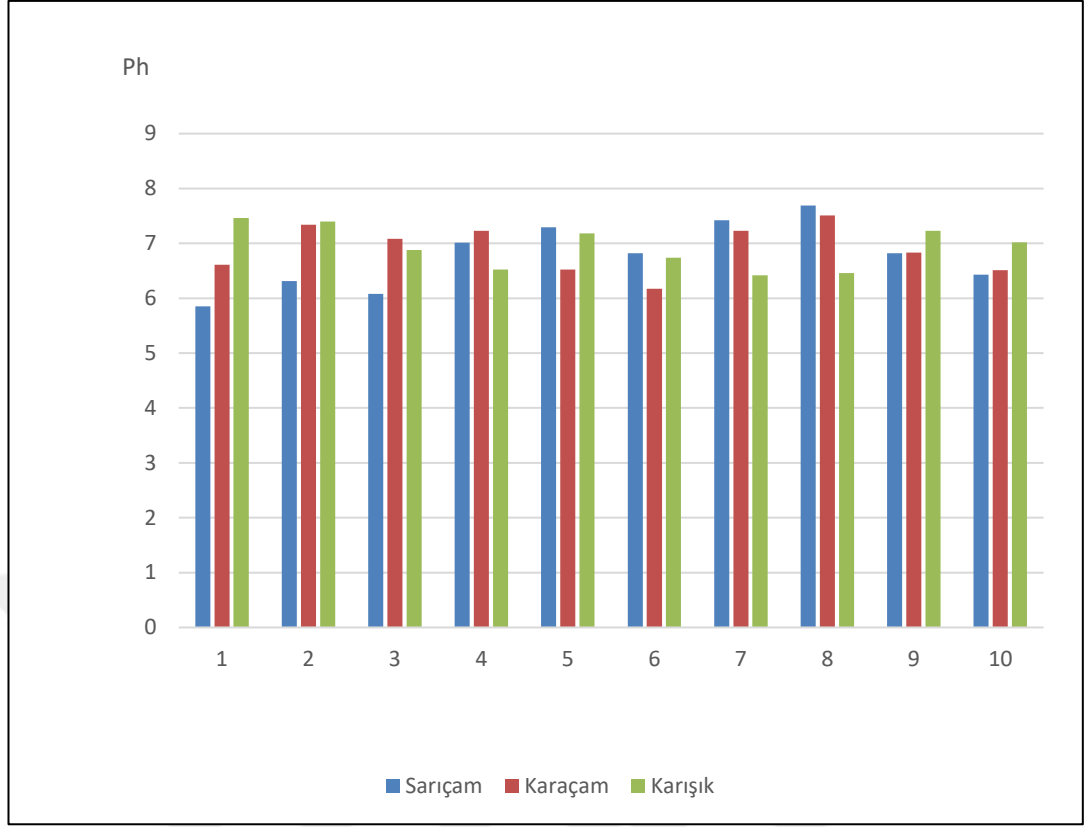
#### 4.1.2 Ölü Örtü Örneklerinin pH Değerleri

Farklı meşcere türlerinden alınan ölü örtü örneklerindeki pH içerikleri Tablo 4.3. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. Tablodaki değerleri incelediğimizde her üç meşcere türünde en yüksek pH 7,69 ile Sarıçam meşceresinde görülürken en düşük pH 5,85 ile sarıçam meşceresinde görülmektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Ölü örtü örneklerine ilişkin pH değerleri

PH	Örnekleme noktası									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sarıçam	5,85	6,31	6,68	7,01	7,29	6,82	7,42	7,69	6,82	6,43
Karaçam	6,61	7,34	7,08	7,23	6,52	6,17	7,23	7,51	6,83	6,51
Karışık	7,46	7,40	6,88	6,52	7,18	6,74	6,42	6,46	7,23	7,02

Sarıçam meşceresinde en yüksek pH değeri 7,69 olarak en düşük pH değeri 5,85 olarak; Karaçam meşceresinde en yüksek pH değeri 7,51 en düşük pH değeri 6,17 olarak; Karışık meşcerede en yüksek pH değeri 7,46 olarak en düşük pH değeri 6,42 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2). Ölü örtü örneklerinin pH değerlerinde yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Ölü örtü pH değerleri

Tablo 4.4 Ölü örtü örneklerinde pH değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Örnekler	Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. hata	Min.	Max.
Çs	20	6,8310	,55204	0,12344	5,58	7,75
Çk	20	6,9000	,43778	0,09789	6,14	7,54
ÇkÇs	20	6,9285	,38809	0,08678	6,35	7,64
F Değeri		0,233 ns				

Ölü örtü örneklerinde pH değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarını gösterir Tablo değerleri incelendiğinde meşcereler arasında Ph değeri bakımından istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılıkların bulunmadığı görülmektedir ( $p>0,05$ ).

#### 4.1.3 Ölü Örtü Örneklerinin Karbon Miktarı

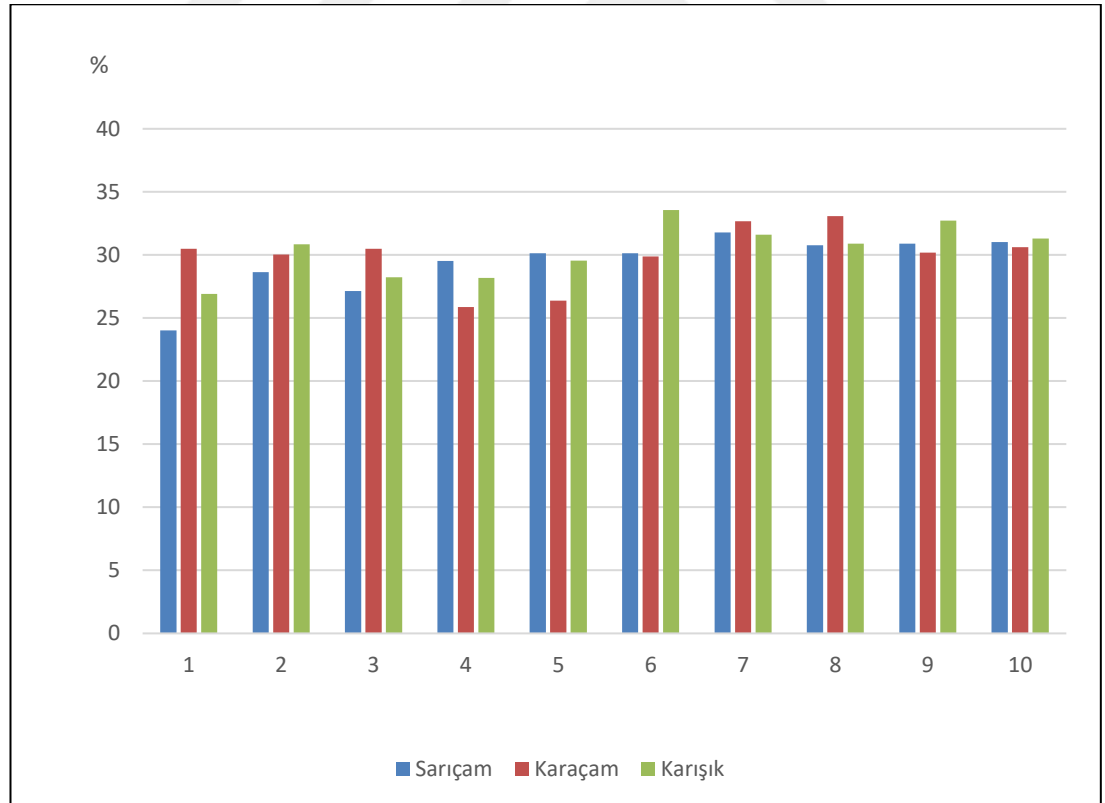
Farklı meşcere türlerinden alınan ölü örtü örneklerindeki karbon miktarı Tablo 4.5. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir. Tablodaki değerleri incelediğimizde her üç meşcere türünde

en yüksek karbon miktarı %33,57 ile Karaçam meşçeresinde görülürken en düşük karbon miktarı %24,03 ile Sarıçam meşçeresinde görülmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Ölü örtü örneklerine ilişkin karbon miktarı değerleri

Karbon Miktarı (%)	Örnekleme noktası									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sarıçam	24,03	28,64	27,14	29,53	30,13	30,70	31,78	30,76	30,89	31,02
Karaçam	30,48	30,03	30,49	25,88	26,39	29,89	32,68	33,09	30,18	30,61
Karışık	26,92	30,85	28,24	28,17	29,54	33,57	31,6	30,89	32,72	31,30

Sarıçam meşçeresinde en yüksek karbon miktarı %31,78 olarak en düşük karbon miktarı ise %24,03 olarak; Karaçam meşçeresinde en yüksek karbon miktarı %33,09 olarak en düşük karbon miktarı ise %25,88 olarak ve Karışık meşçerede en yüksek karbon miktarı %33,57 olarak en düşük karbon miktarı ise %26,92 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Ölü örtü karbon miktarı değerleri (%)

Ölü örtü örneklerinin karbon miktarı değerlerinde yapılan istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunmadığı ( $p<0,05$ ) tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Ölü örtü örneklerinde karbon miktarının istatistiksel analiz sonucu

Örnekler	Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Çs	20	29,4610	3,58517	0,80167	23,90	36,52
Çk	20	29,9715	2,88356	0,64478	22,86	36,37
ÇkÇs	20	30,3795	2,56420	0,57337	25,95	37,40
F Değeri		0,458 ns				

## 4.2 Toprak Örneklerine İlişkin Bulgular

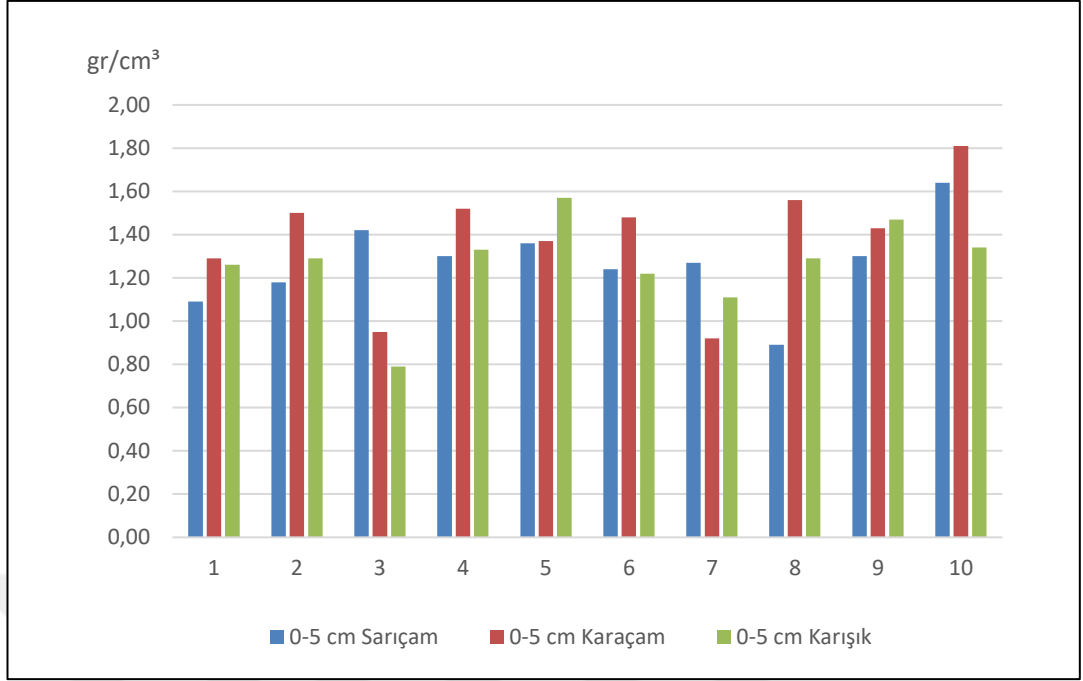
### 4.2.1 Hacim Ağırlığı

Farklı meşcere türlerinde farklı toprak derinliklerine ait hacim ağırlıkları Tablo 4.7; 4.8; 4.9'da ve Şekil 4.4; 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Tablodaki değerleri incelediğimizde her üç meşcere türünde 0-5 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı 1,81 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşceresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 0,79 gr/cm<sup>3</sup> ile karışık meşcerede görülmektedir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 0-5 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )		Örneklem noktası									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-5 cm	Sarıçam	1,09	1,18	1,42	1,30	1,36	1,24	1,27	0,89	1,30	1,64
	Karaçam	1,29	1,50	0,95	1,52	1,37	1,48	0,92	1,56	1,43	1,81
	Karışık	1,26	1,29	0,79	1,33	1,57	1,22	1,11	1,29	1,47	1,34

Sarıçam meşceresinde 0-5 cm'de en yüksek hacim ağırlığı 1,64 gr/cm<sup>3</sup> olarak en düşük hacim ağırlığı 0,89 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karaçam meşceresinde 0-5 cm'de en yüksek hacim ağırlığı 1,81 gr/cm<sup>3</sup> olarak en düşük hacim ağırlığı 0,92 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karışık meşcerede 0-5 cm'de en yüksek hacim ağırlığı 1,57 gr/cm<sup>3</sup> olarak en düşük hacim ağırlığı ise 0,79 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).



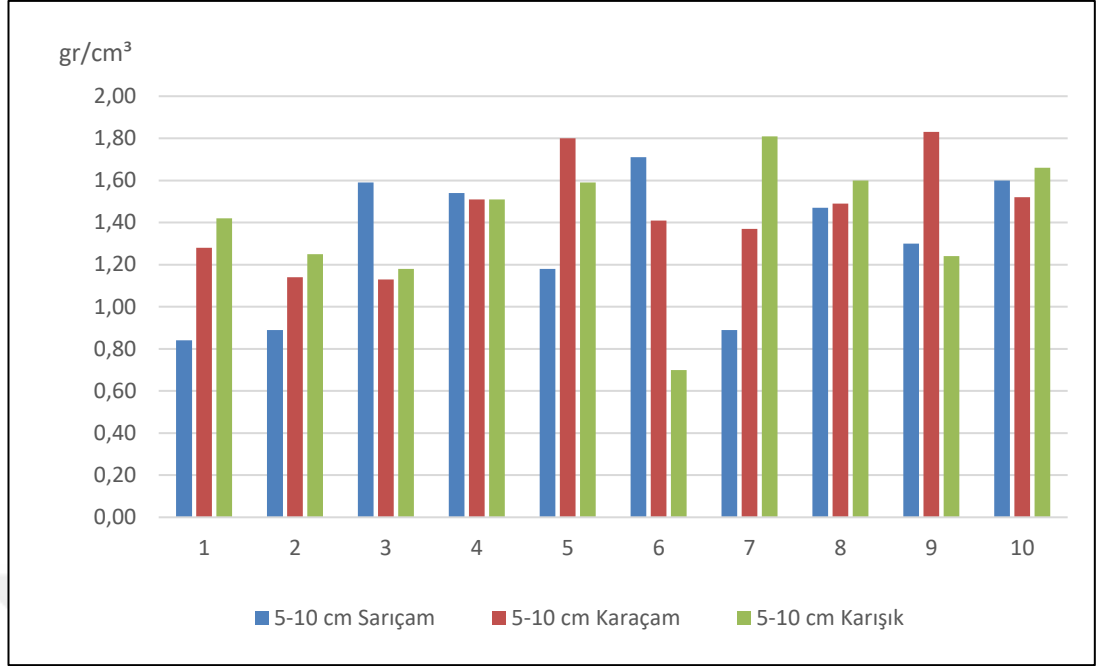
Şekil 4.4 0-5 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Tablo 4.8'deki değerleri incelediğimizde her üç meşcere türünde 5-10 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı 1,83 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşceresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 0,70 gr/cm<sup>3</sup> ile karışık meşcerede görülmektedir.

Tablo 4.8 5-10 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )		Örneklem noktası									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5-10 cm	Sarıçam	0,84	0,89	1,59	1,54	1,18	1,71	0,89	1,47	1,30	1,60
	Karaçam	1,28	1,14	1,13	1,51	1,80	1,41	1,37	1,49	1,83	1,52
	Karışık	1,42	1,25	1,18	1,51	1,59	0,70	1,81	1,60	1,24	1,66

5-10 cm toprak derinliğinde Sarıçam meşceresinde en yüksek hacim ağırlığı 1,71 gr/cm<sup>3</sup> olarak, en düşük hacim ağırlığı 0,84 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karaçam meşceresinde en yüksek hacim ağırlığı 1,83 gr/cm<sup>3</sup> olarak, en düşük hacim ağırlığı 1,13 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karışık meşcerede en yüksek hacim ağırlığı 1,81 gr/cm<sup>3</sup> olarak en düşük hacim ağırlığı ise 0,70 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).



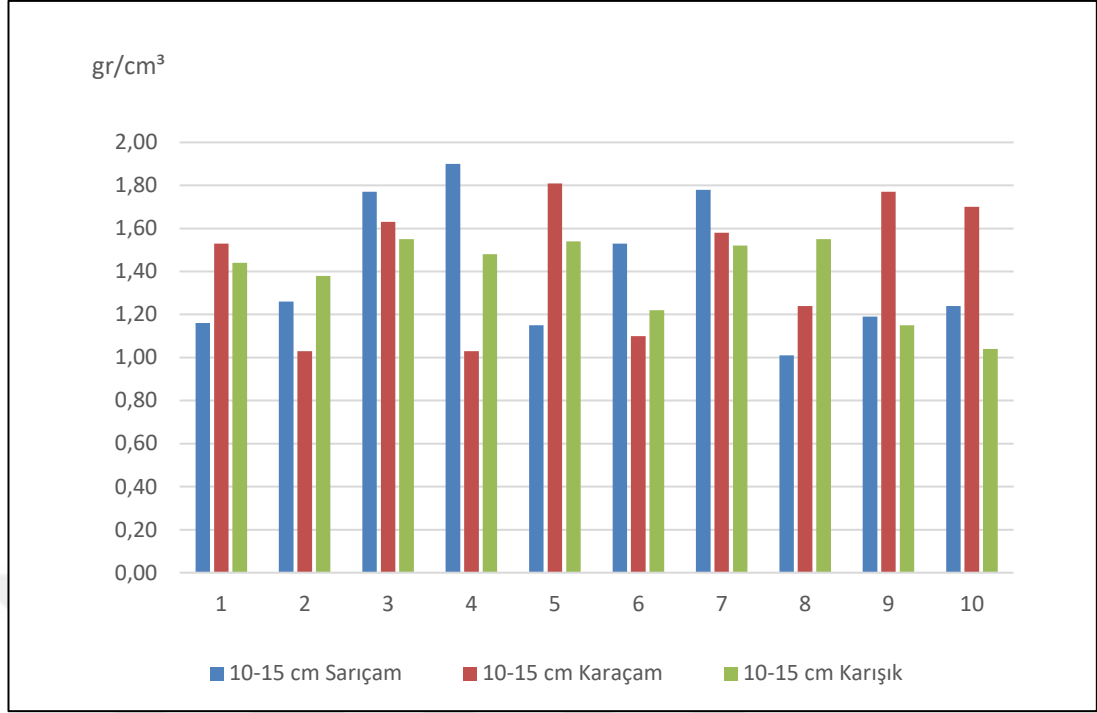
Şekil 4.5 5-10 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Her üç meşcere türünde 10-15 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı 1,90 gr/cm<sup>3</sup> ile Sarıçam meşçeresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 1,01 gr/cm<sup>3</sup> ile Sarıçam meşçeresinde görülmektedir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 10-15 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )		Örnekleme noktası									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10-15 cm	Sarıçam	1,16	1,26	1,77	1,90	1,15	1,53	1,78	1,01	1,19	1,24
	Karaçam	1,53	1,03	1,63	1,03	1,81	1,10	1,58	1,24	1,77	1,70
	Karışık	1,44	1,38	1,55	1,48	1,54	1,22	1,52	1,55	1,15	1,04

10-15 cm toprak derinliğindeki Sarıçam meşçeresinde en yüksek hacim ağırlığı 1,90 gr/cm<sup>3</sup> olarak, en düşük hacim ağırlığı 1,01 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karaçam meşçeresinde en yüksek hacim ağırlığı 1,81 gr/cm<sup>3</sup> olarak, en düşük hacim ağırlığı 1,03 gr/cm<sup>3</sup> olarak; Karışık meşçerede en yüksek hacim ağırlığı 1,55 gr/cm<sup>3</sup> olarak en düşük hacim ağırlığı ise 1,04 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 10-15 cm toprak derinliğine ilişkin hacim ağırlığı değerleri

Hacim ağırlığı bakımından elde edilen değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Hacim ağırlığı değerlerinin değişimi

Örnekler		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Çs	0-5 cm	10	1,2690	0,19863	0,06281	0,89	1,64
	5-10 cm	10	1,3010	0,33181	0,10493	0,84	1,71
	10-15 cm	10	1,3990	0,31793	0,10054	1,01	1,90
Çk	0-5 cm	10	1,3830	0,27252	0,08618	0,92	1,81
	5-10 cm	10	1,4480	0,23860	0,07545	1,13	1,83
	10-15 cm	10	1,4420	0,31073	0,09826	1,03	1,81
ÇkÇs	0-5 cm	10	1,2670	0,21024	0,06648	0,79	1,57
	5-10 cm	10	1,3960	0,31809	0,10059	0,70	1,81
	10-15 cm	10	1,3870	0,18565	0,05871	1,04	1,55
Toplam / Ortalama		90	1,3658	0,26628	0,02807	0,70	1,90

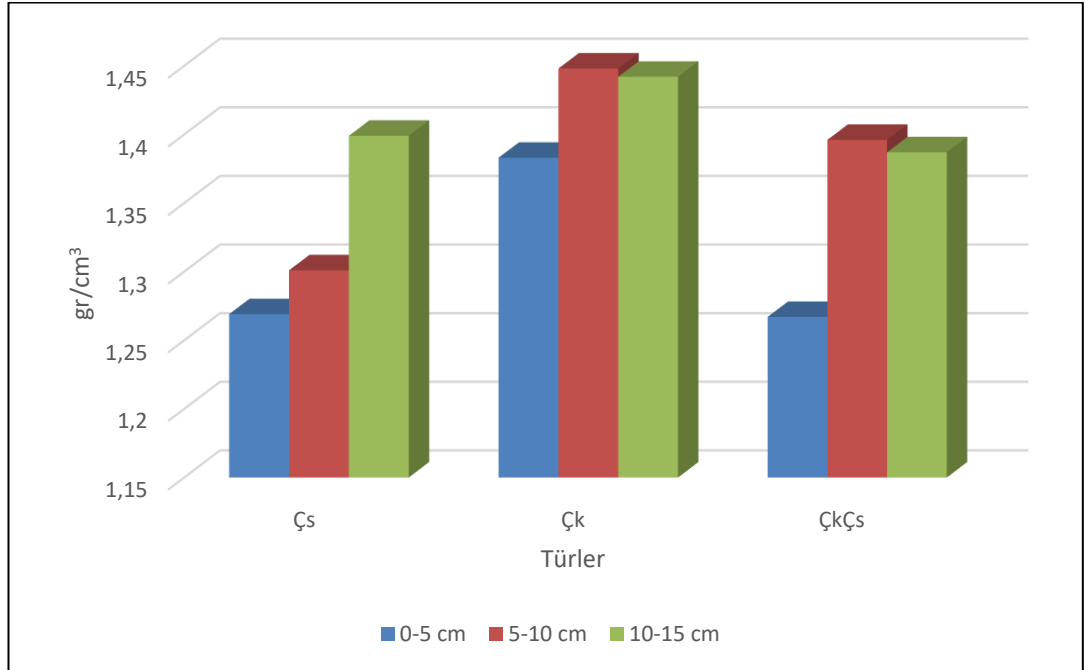
Tablo değerleri incelendiğinde en düşük ortalama değer 1,267 gr/cm<sup>3</sup> ile ÇkÇs meşcerelerinde 0-5 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek ortalama değer ise 1,448 gr/cm<sup>3</sup> ile Çk meşcerelerinde 5-10 cm derinliğindeki topraklarda elde edildiği

görülmektedir. Hacim ağırlığı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi ile bu değerlere uygulanan varyans analizi sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11 Hacim ağırlığı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
0-5 cm	1,2690	1,3830	1,2670	0,832 ns	1,306
5-10 cm	1,3010	1,4480	1,3960	0,613 ns	1,381
10-15 cm	1,3990	1,4420	1,3870	0,102 ns	1,409
F Değeri	0,556 ns	0,166 ns	0,859 ns		1,208 ns
Ortalama	1,329	1,329	1,329	1,150 ns	

Hacim ağırlığı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları incelendiğinde, hacim ağırlığı değerlerinin hem bütün meşcere tiplerinde toprak derinliği, hem de bütün toprak derinliklerinde meşcere tipine bağlı olarak değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ( $p>0,05$ ) görülmektedir. Aynı sonuçlar ortalama değerler bakımından da elde edilmiş ve ortalama değerlere göre hacim ağırlığının meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi istatistiki olarak anlamsız düzeyde bulunmuştur. Hacim ağırlığı değerlerinin tür ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimini gösteren grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Hacim ağırlığı değerlerinin tür ve toprak derinliğine bağlı değişimi

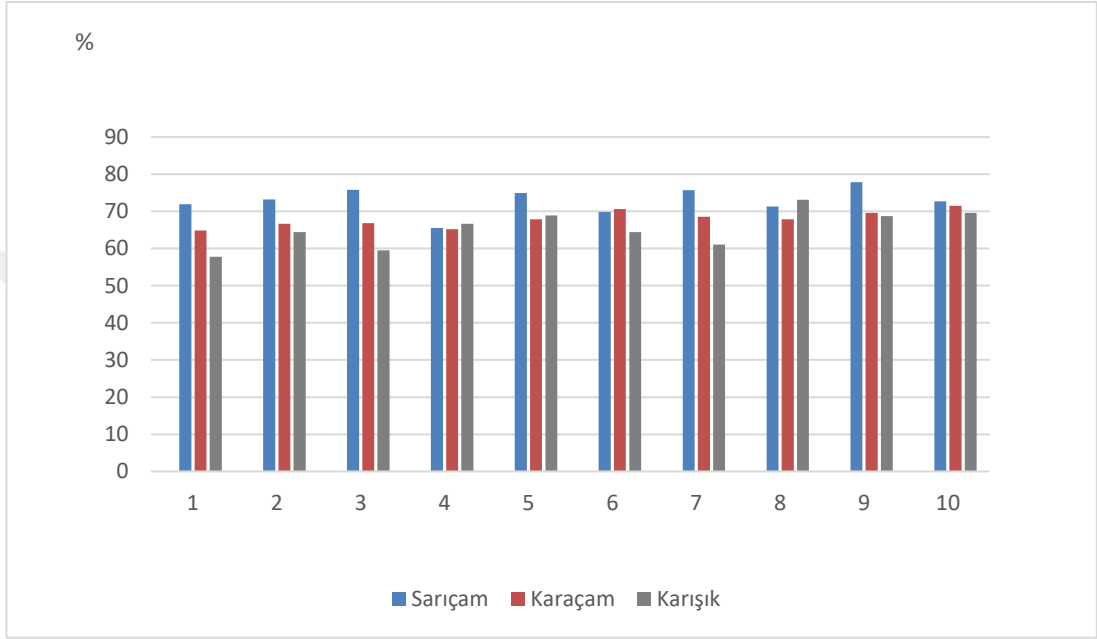
#### 4.2.2 Tekstür Tayini

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre en yüksek kum miktarı %81,16 ile sarıçam meşçeresinde, en yüksek kil miktarı %30,93 ile karışık meşçerede ve en yüksek toz miktarı %16,42 ile sarıçam meşçeresinde tespit edilmiştir. En düşük kum miktarı %52,69 ile karışık meşçerede, en düşük kil miktarı %13,59 ile sarıçam meşçeresinde ve en düşük toz miktarı %7,07 ile karışık meşçerede tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12 Üst toprak ve alt topraktan tekstür analizi sonuçları

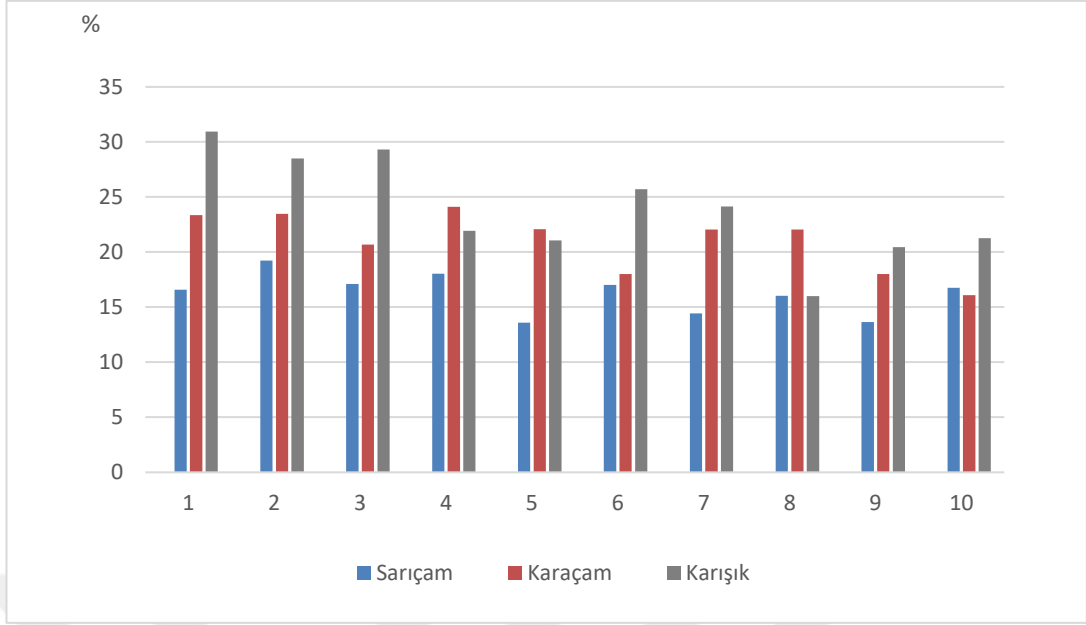
Örnek No		Sarıçam			Karaçam			Karışık		
		Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)
1	0-10 cm	71,95	16,59	11,46	64,83	23,34	11,83	57,79	30,93	11,28
	10-20 cm	72,34	18,00	9,66	64,79	24,11	11,10	52,69	31,47	15,84
2	0-10 cm	73,18	19,23	7,59	66,70	23,48	9,82	64,43	28,50	7,07
	10-20 cm	76,49	17,68	5,83	66,83	21,07	12,10	60,36	31,25	8,39
3	0-10 cm	75,80	17,12	7,09	66,82	20,68	12,51	59,53	29,31	11,16
	10-20 cm	71,86	19,06	9,08	65,45	21,11	13,43	60,62	27,52	11,87
4	0-10 cm	65,55	18,03	16,42	65,20	24,11	10,69	66,65	21,93	11,42
	10-20 cm	81,16	11,28	7,55	62,36	24,79	12,85	66,82	22,39	10,79
5	0-10 cm	74,93	13,59	11,48	67,86	22,06	10,07	68,87	21,05	10,07
	10-20 cm	76,07	16,05	7,88	68,19	22,42	9,39	68,48	20,10	11,42
6	0-10 cm	69,90	17,01	13,09	70,64	18,00	11,36	64,38	25,72	9,90
	10-20 cm	73,16	15,98	10,86	70,31	20,03	9,66	63,39	25,54	11,08
7	0-10 cm	75,72	14,42	9,85	68,58	22,06	9,37	61,09	24,15	14,75
	10-20 cm	73,81	14,36	11,83	68,60	21,03	10,37	58,77	26,41	14,82
8	0-10 cm	71,29	16,02	12,69	67,88	22,05	10,07	73,13	16,00	10,87
	10-20 cm	75,82	11,84	12,34	65,80	22,09	12,11	69,14	17,10	13,76
9	0-10 cm	77,85	13,66	8,50	69,63	18,00	12,37	68,72	20,45	10,83
	10-20 cm	68,20	18,73	13,07	67,89	21,64	10,47	56,22	30,91	12,87
10	0-10 cm	72,66	16,77	10,57	71,49	16,08	12,44	69,59	21,26	9,15
	10-20 cm	74,29	19,06	6,65	71,24	17,05	11,70	63,33	24,21	12,46

Üst toprak (0-10 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre kum değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %77,85 olarak, en düşük %65,55 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %71,49 olarak, en düşük %64,83 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %73,13 olarak, en düşük %57,79 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



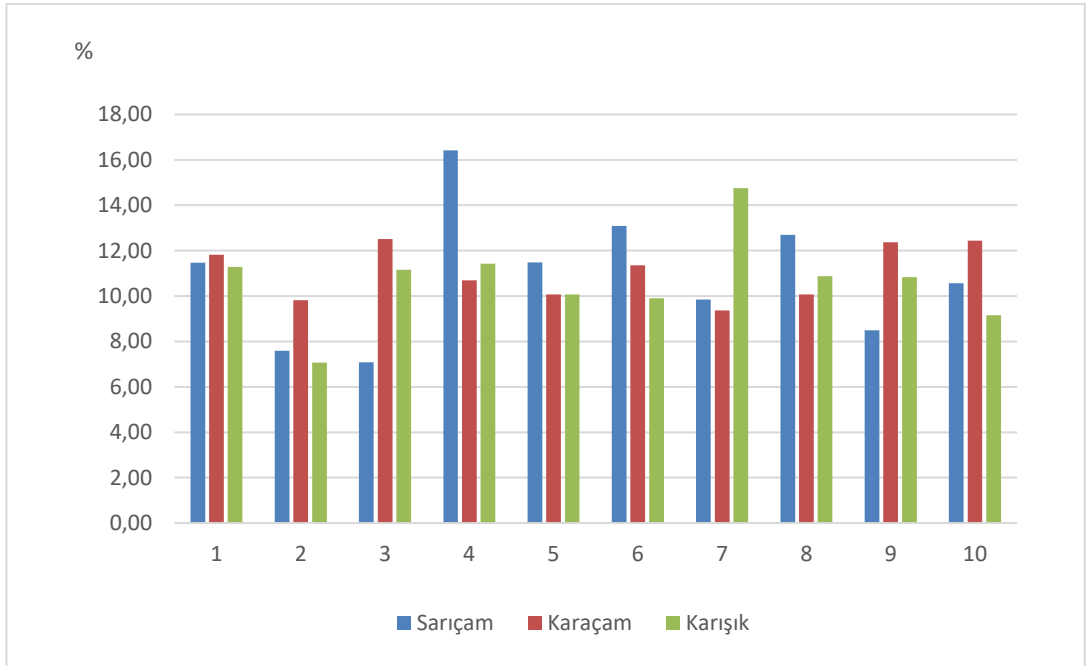
Şekil 4.8 0-10 cm toprak derinliğindeki kum değerleri

Kil değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %19,23 olarak, en düşük %13,59 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %24,11 olarak, en düşük %16,08 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %30,93 olarak, en düşük %16,00 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



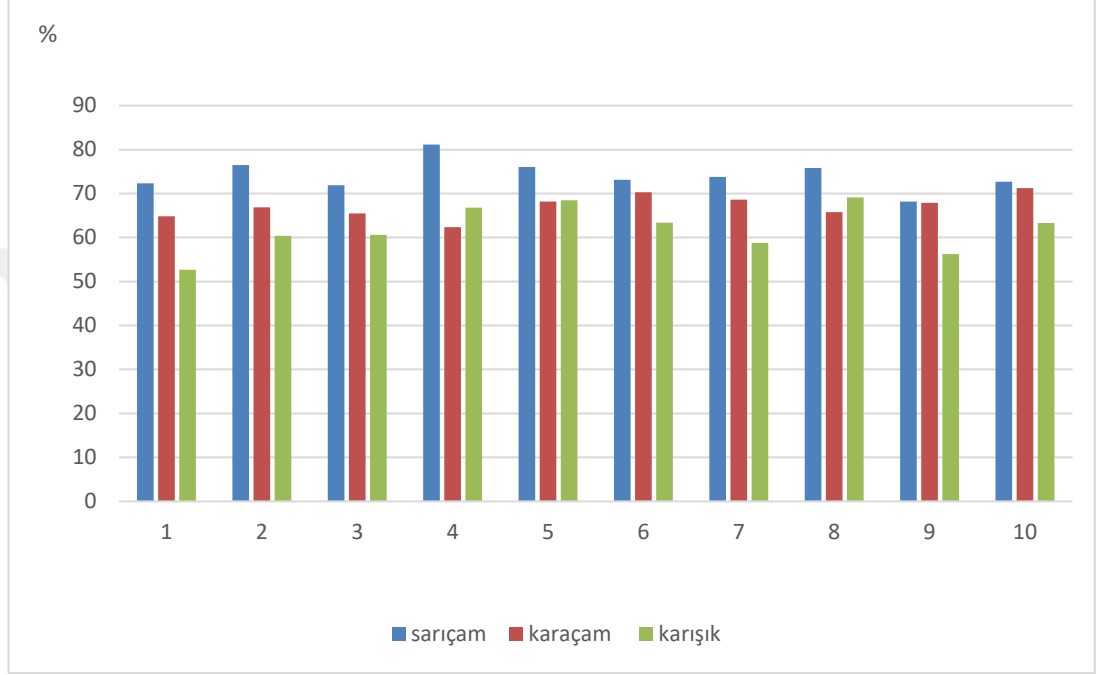
Şekil 4.9 0-10 cm toprak derinliğindeki kil değerleri

Toz değerleri sarıçam meşceresinde en yüksek %16,42 olarak, en düşük %7,09 olarak; karaçam meşceresinde en yüksek %12,51 olarak, en düşük %9,37 olarak ve karışık meşcerede en yüksek %14,75 olarak, en düşük %7,07 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.9).



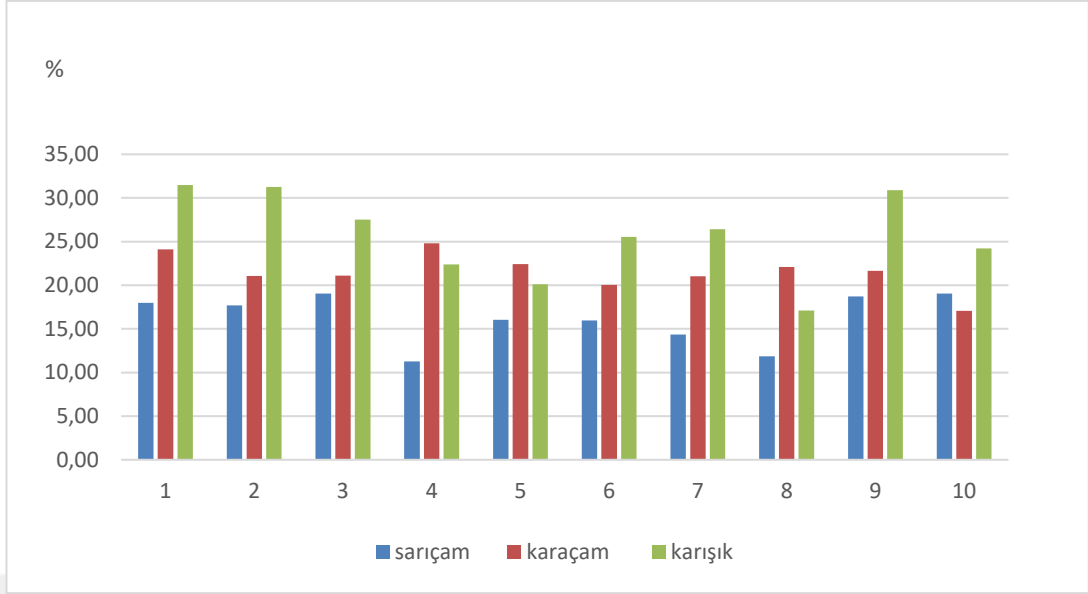
Şekil 4.10 0-10 cm toprak derinliğindeki toz değerleri

Alt toprak (10-20 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre kum değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %81,16 olarak, en düşük %68,2 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %71,24 olarak, en düşük %62,36 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %69,14 olarak, en düşük %52,69 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



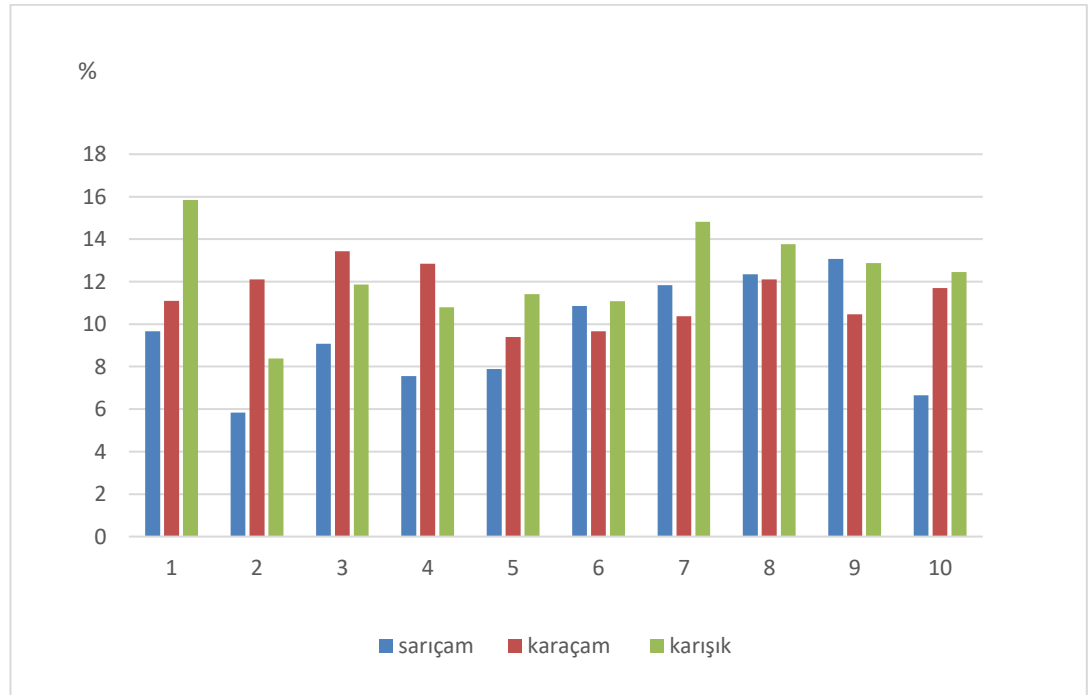
Şekil 4.11 10-20 cm toprak derinliğindeki kum değerleri

Kil değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %19,06 olarak, en düşük %11,28 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %24,79 olarak, en düşük %17,05 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %31,47 olarak, en düşük %17,1 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.12 10-20 cm toprak derinliğindeki kil değerleri

Toz değerleri sarıçam meşceresinde en yüksek %13,07 olarak, en düşük %5,83 olarak; karaçam meşceresinde en yüksek %13,43 olarak, en düşük %9,39 olarak ve karışık meşcerede en yüksek %15,84 olarak, en düşük %8,39 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.13 10-20 cm toprak derinliğindeki toz değerleri

Kum, kil ve toz değerlerinin farklı meşcerelerde toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler, standart sapma ve standart hata değerleri ile minimum ve maximum değerleri Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Tekstür değerlerinin değişimi

Kum		Örnek sayısı	Ort.	Std. sapma	Std. hata	Min.	Max.
Örnekler							
Çs	0-10 cm	10	72,8825	3,5214	1,11358	65,55	77,85
	10-20 cm	10	74,3214	3,4305	1,08484	68,20	81,16
Çk	0-10 cm	10	65,4179	4,8858	1,54503	57,79	73,13
	10-20 cm	10	61,9806	5,3229	1,68325	52,69	69,14
ÇkÇs	0-10 cm	10	67,9630	2,1880	0,69193	64,83	71,49
	10-20 cm	10	67,1487	2,6627	0,84202	62,36	71,24
Toplam		60	68,2857	5,6202	0,72557	52,69	81,16
Kil		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. hata	Min.	Max.
Örnekler							
Çs	0-10 cm	10	16,2437	1,8545	0,58646	13,59	19,23
	10-20 cm	10	16,2041	2,8846	0,91222	11,28	19,06
Çk	0-10 cm	10	23,9300	4,6719	1,47741	16,00	30,93
	10-20 cm	10	25,6903	4,8711	1,54039	17,10	31,47
ÇkÇs	0-10 cm	10	20,9852	2,7281	0,86273	16,08	24,11
	10-20 cm	10	21,5340	2,1433	0,67778	17,05	24,79
Toplam		60	20,7646	4,8464	0,62567	11,28	31,47
Toz		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. hata	Min.	Max.
Örnekler							
Çs	0-10 cm	10	10,8738	2,8197	0,89167	7,09	16,42
	10-20 cm	10	9,4744	2,5007	0,79081	5,83	13,07
Çk	0-10 cm	10	10,6520	1,9467	0,61562	7,07	14,75
	10-20 cm	10	12,3291	2,1428	0,67764	8,39	15,84
ÇkÇs	0-10 cm	10	11,0518	1,1964	0,37836	9,37	12,51
	10-20 cm	10	11,3173	1,3477	0,42619	9,39	13,43
Toplam		60	10,9497	2,1616	0,27907	5,83	16,42

Tablo değerleri incelendiğinde çalışma kapsamında elde edilen en düşük ortalama kum değerinin %61,9806 ile Çk meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda, en düşük kil değerinin %16,2041 ile Çs meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda ve en düşük toz değerinin %9,4744 ile yine Çs meşcerelerinde 10-20 cm

derinliğindeki topraklarda elde edildiği görülmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen en yüksek ortalama kum değeri % 74,3214 ile Çs meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek kil değeri % 25,6903 ile Çk meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda ve en yüksek ortalama toz değeri %12,3291 ile yine Çk meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda elde edilmiştir. Tekstür değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi ile bu değerlere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir.

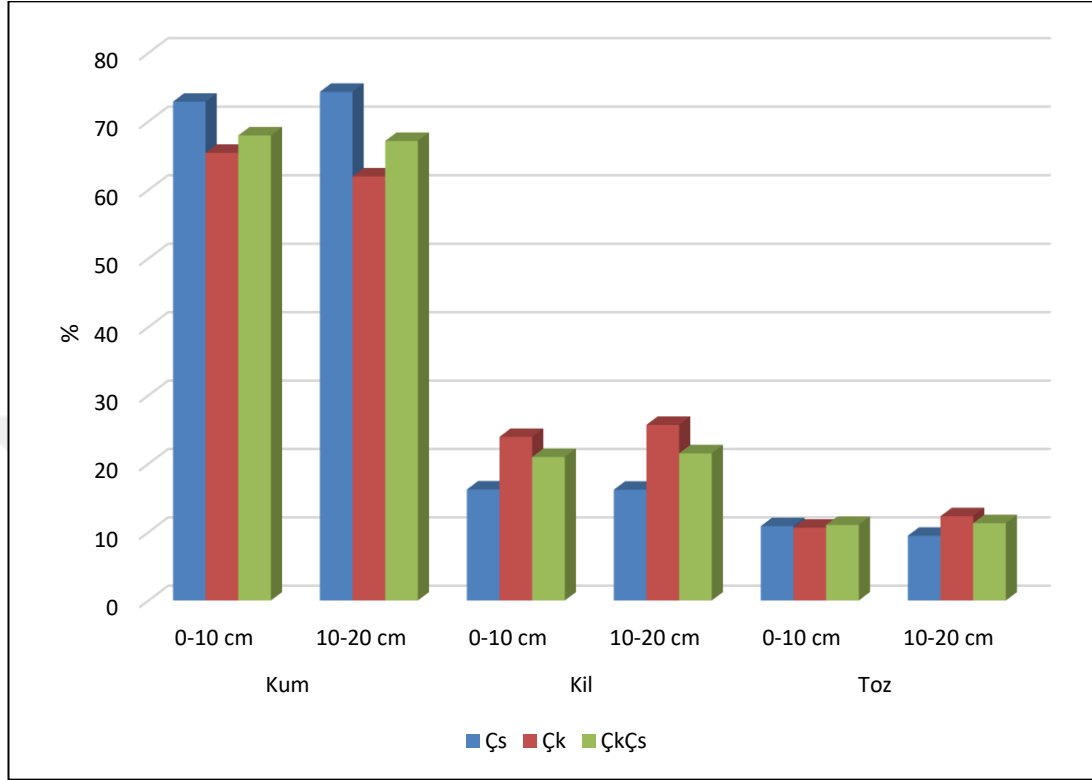
Tablo 4.14 Tekstür değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

	Derinlik	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
Kum	0-10 cm	72,8825 b	65,4179 a	67,9630 a	10,520***	68,7544
	10-20 cm	74,3214 c	61,9806 a	67,1487 b	24,413***	67,8169
	F Değeri	0,855 ns	2,261 ns	0,562 ns		0,414 ns
	Ortalama	73,601 c	63,700 a	67,554 b	32,756***	
Kil	0-10 cm	16,2437 a	23,9300 b	20,9852 b	13,791***	20,3863
	10-20 cm	16,2041 a	25,6903 c	21,5340 b	18,511***	21,1428
	F Değeri	0,001 ns	0,680 ns	0,250 ns		0,361 ns
	Ortalama	16,224 a	24,810 c	21,810 b	33,094***	
Toz	0-10 cm	10,8738	10,6520	11,0518	0,093 ns	10,8592
	10-20 cm	9,4744 a	12,3291 b	11,3173 ab	4,963*	11,0403
	F Değeri	1,378 ns	3,365 ns	0,216 ns		0,105 ns
	Ortalama	10,174	11,490	11,185	2,105 ns	

Hacim ağırlığı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün meşcere tiplerinde kum, kil ve toz oranlarının toprak derinliğine bağlı değişimi istatistiki olarak anlamsız düzeyde bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Kum ve kil oranlarının meşcere tipine bağlı olarak değişimi ise hem her iki toprak derinliklerinde, hem de ortalama değerlere göre istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,001$ ) düzeydedir. Toz oranının meşcere tipine bağlı değişimi ise sadece 10-20 cm derinliklerdeki topraklarda istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) düzeydedir.

Duncan testi sonuçlarına göre en düşük kum değerleri Çk, en yüksek kum değerleri Çs meşcerelerinde elde edilirken, kil oranında tam tersine en düşük değerler Çs, en yüksek değerler Çk meşcerelerinde elde edilmiştir. Bu değerlere göre Çk meşcerelerinde toprakların daha killi, Çs meşcerelerinde ise daha kumlu olduğu söylenebilir. Tekstür

değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Tekstür değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi

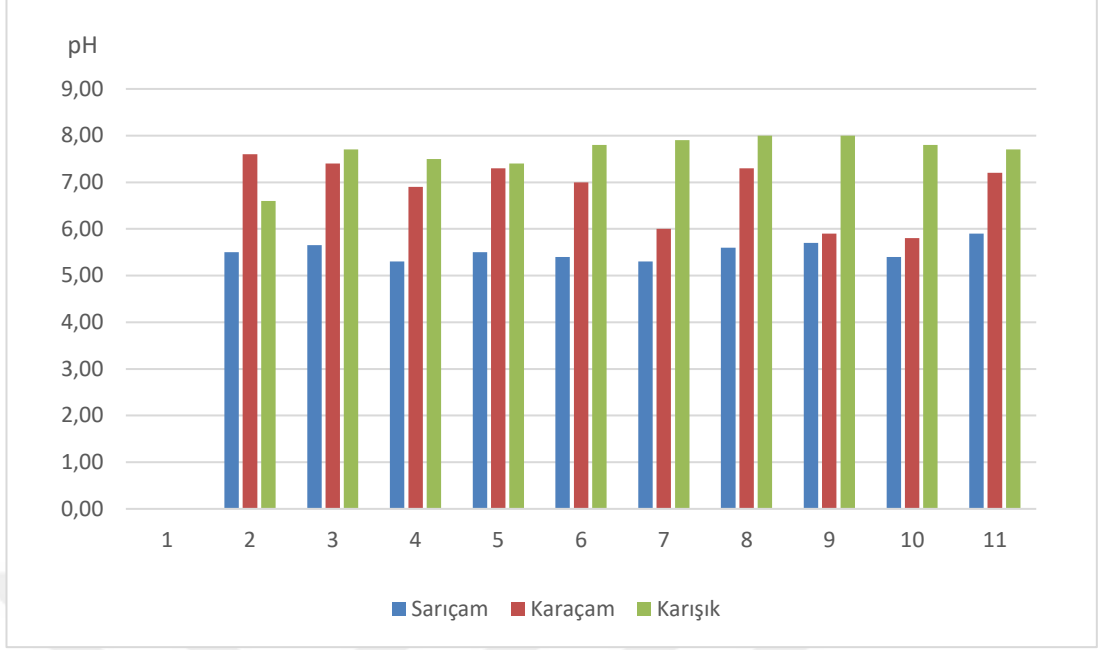
### 4.2.3 pH

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan pH analizi sonuçlarına göre en yüksek pH değeri 8,10 ile karışık meşcerede, en düşük pH değeri ise 5,30 ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15 Farklı meşcere türlerinde üst toprak ve alt toprakta pH değerleri

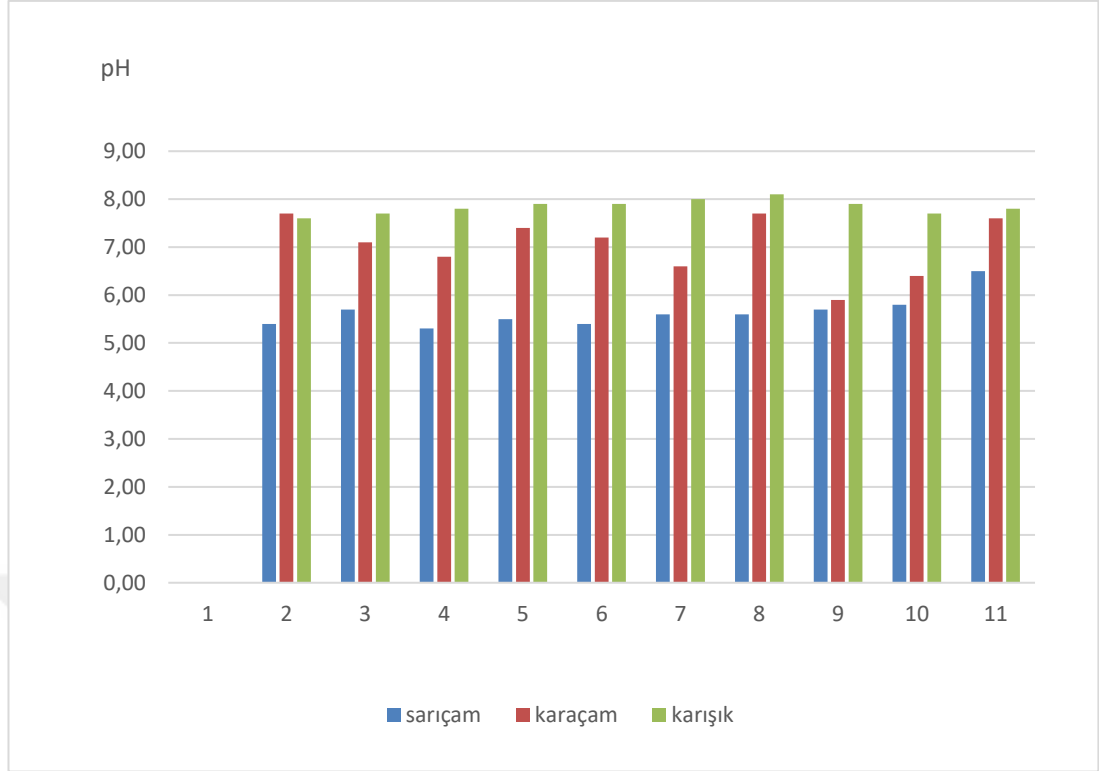
Örnek No		Sarıçam	Karaçam	Karışık
1	0-10 cm	5,50	7,60	6,60
	10-20 cm	5,40	7,70	7,60
2	0-10 cm	5,65	7,40	7,70
	10-20 cm	5,70	7,10	7,70
3	0-10 cm	5,30	6,90	7,50
	10-20 cm	5,30	6,80	7,80
4	0-10 cm	5,50	7,30	7,40
	10-20 cm	5,50	7,40	7,90
5	0-10 cm	5,40	7,00	7,80
	10-20 cm	5,40	7,20	7,90
6	0-10 cm	5,30	6,00	7,90
	10-20 cm	5,60	6,60	8,00
7	0-10 cm	5,60	7,30	8,00
	10-20 cm	5,60	7,70	8,10
8	0-10 cm	5,70	5,90	8,00
	10-20 cm	5,70	5,90	7,90
9	0-10 cm	5,40	5,80	7,80
	10-20 cm	5,80	6,40	7,70
10	0-10 cm	5,90	7,20	7,70
	10-20 cm	6,50	7,60	7,80

Üst toprak (0-10 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan pH analizi sonuçlarına göre; pH değerlerinin sarıçam meşçeresinde en yüksek 5,90 ile en düşük 5,30 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 7,60 ile en düşük 5,80 arasında, karışık meşçerede ise en yüksek 8,00 ile en düşük 6,60 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 0-10 cm toprak derinliğindeki pH değerleri

Alt toprak (10-20 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan pH analizi sonuçlarına göre; pH değerlerinin sarıçam meşçeresinde en yüksek 6,50 ile en düşük 5,30 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 7,70 ile en düşük 5,90 arasında, karışık meşçerede ise en yüksek 8,10 ile en düşük 7,60 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 10-20 cm toprak derinliğindeki pH değerleri

pH değerlerinin farklı meşcerelerde toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler, standart sapma ve standart hata değerleri ile minimum ve maximum değerleri Tablo 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.16 pH değerlerinin değişimi

Örnekler		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Çs	0-10 cm	10	5,5250	0,19039	0,06021	5,30	5,90
	10-20 cm	10	5,6500	0,33747	0,10672	5,30	6,50
Çk	0-10 cm	10	7,6400	0,41419	0,13098	6,60	8,00
	10-20 cm	10	7,8400	0,15055	0,04761	7,60	8,10
ÇkÇs	0-10 cm	10	6,8400	0,67856	0,21458	5,80	7,60
	10-20 cm	10	7,0400	0,60590	0,19160	5,90	7,70
Toplam		60	6,7558	0,99469	0,12841	5,30	8,10

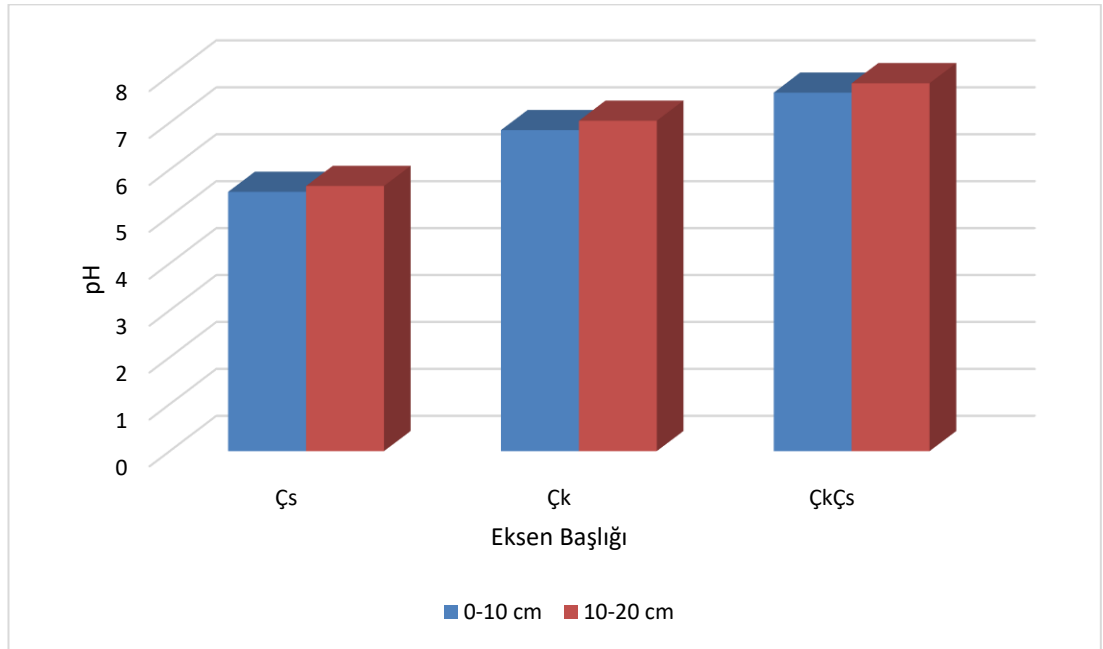
pH değerlerinin değişimi incelendiğinde çalışmada en düşük ortalama pH değerinin 5,525 ile Çs meşcerelerinde 0-10 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek ortalama pH değerinin ise 7,840 ile Çk meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda elde edildiği görülmektedir. pH değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak

değişimi ile bu değerlere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17 pH değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

Derinlik	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
0-10 cm	5,5250 a	6,8400 b	7,6400 c	51,197***	6,6683
10-20 cm	5,6500 a	7,0400 b	7,8400 c	73,146***	6,8433
F Değeri	1,041 ns	2,059 ns	0,483 ns		0,460 ns
Ortalama	5,587 a	6,940 b	7,740 c	122,397***	

Varyans analizi sonucunda pH değerlerinin bütün meşcere tiplerinde ve ortalama değerlere göre toprak derinliğine bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ( $p>0,05$ ) belirlenmiştir. pH değerlerinin hem farklı toprak derinliklerinde hem de ortalama değerlere göre meşcere tipine bağlı değişimi ise istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,001$ ) düzeyde bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre her bir meşcere tipi ayrı bir grup oluşturmuş olup en düşük değerler Çs, en yüksek değerler ise ÇkÇs meşcerelerinde elde edilmiştir. Çs meşcerelerinde asidik olan pH'nın Çk meşcerelerinde büyük oranda nötr, ÇkÇs meşcerelerinde ise bazik olduğu belirlenmiştir. pH değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17 pH değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi

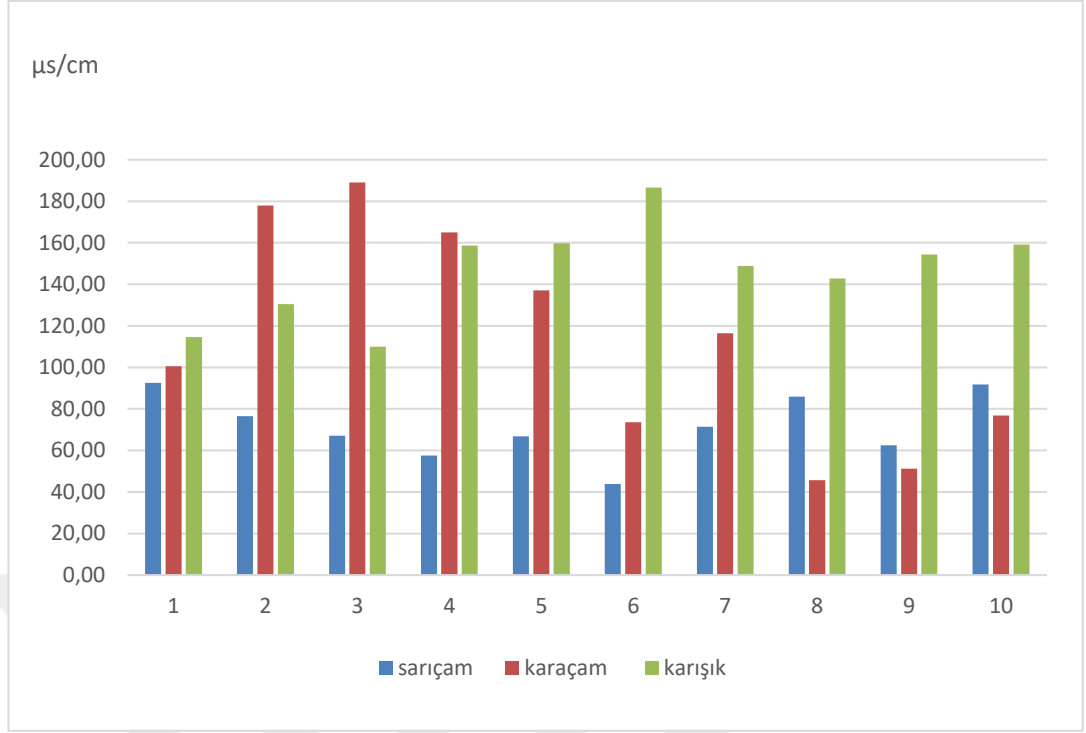
#### 4.2.4 Elektrik İletkenliği (EC)

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan elektrik iletkenlik (EC) analiz sonuçlarına göre en yüksek EC değeri 189,40  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile karışık meşcerede, en düşük EC değeri ise 37,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 Farklı meşcere türlerinde üst toprak ve alt toprakta EC değerleri

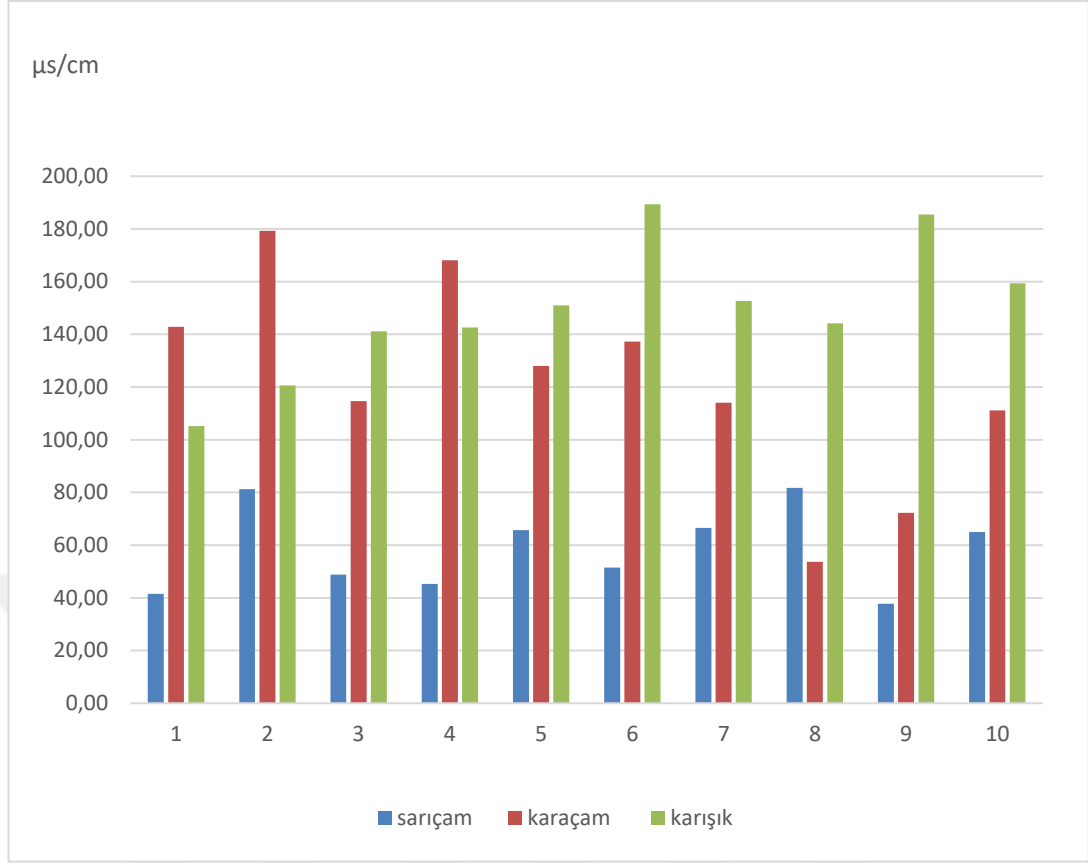
Örnek No	Sarıçam	Karaçam	Karışık	
1	0-10 cm	92,50	100,50	114,60
	10-20 cm	41,50	142,80	105,20
2	0-10 cm	76,45	178,00	130,50
	10-20 cm	81,25	179,30	120,60
3	0-10 cm	67,10	189,10	110,00
	10-20 cm	48,80	114,70	141,10
4	0-10 cm	57,60	165,00	158,70
	10-20 cm	45,30	168,10	142,60
5	0-10 cm	66,80	137,10	159,70
	10-20 cm	65,70	128,00	151,00
6	0-10 cm	43,90	73,60	186,60
	10-20 cm	51,50	137,20	189,40
7	0-10 cm	71,40	116,50	148,80
	10-20 cm	66,50	114,10	152,70
8	0-10 cm	85,90	45,70	142,80
	10-20 cm	81,70	53,70	144,20
9	0-10 cm	62,50	51,30	154,30
	10-20 cm	37,70	72,20	185,50
10	0-10 cm	91,70	76,90	159,20
	10-20 cm	65,00	111,10	159,40

Üst toprak (0-10 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre EC değerlerinin sarıçam meşceresinde en yüksek 92,50  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 43,90  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında karaçam meşceresinde en yüksek 189,10  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 45,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında ve karışık meşcerede en yüksek 186,60  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 110,00  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 0-10 cm toprak derinliğindeki elektrik iletkenlik değerleri

Alt toprak (10-20 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre EC değerlerinin sarıçam meşçeresinde en yüksek 81,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 37,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 179,30  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 53,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında ve karışık meşçerede en yüksek 189,40  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 105,20  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 10-20 cm toprak derinliğindeki elektrik iletkenlik değerleri

EC değerlerinin farklı meşcerelerde toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler, standart sapma ve standart hata değerleri ile minimum ve maximum değerleri Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19 EC değerlerinin değişimi

Örnekler		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Çs	0-10 cm	10	71,585	15,4856	4,8970	43,90	92,50
	10-20 cm	10	58,495	15,8214	5,0031	37,70	81,70
Çk	0-10 cm	10	146,520	23,0411	7,2862	110,00	186,60
	10-20 cm	10	149,170	25,6934	8,1249	105,20	189,40
ÇkÇs	0-10 cm	10	113,370	52,3449	16,5529	45,70	189,10
	10-20 cm	10	122,120	38,7118	12,2417	53,70	179,30
Toplam/Ortalama		60	110,210	45,9960	5,9380	37,70	189,40

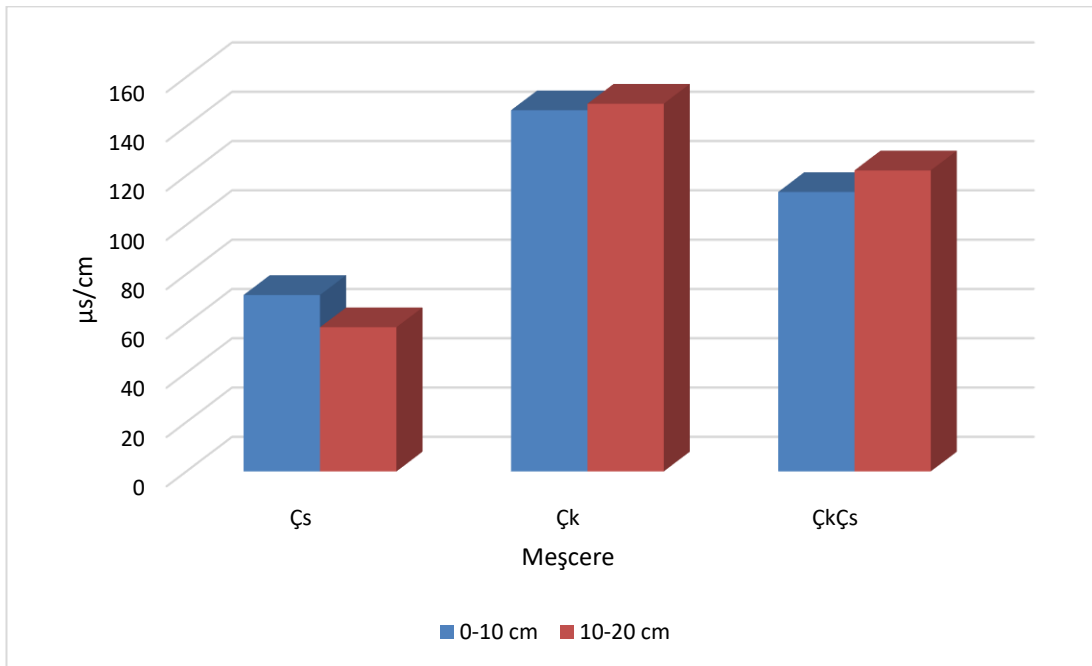
EC değerlerinin değişimi incelendiğinde çalışmada en düşük ortalama EC değerinin 58,495 µs/cm ile Çs meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek

ortalama EC değerinin ise 149,170  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile Çk meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda elde edildiği görülmektedir. EC değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi ile bu değerlere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 EC değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

Derinlik	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
0-10 cm	71,585 a	146,520 c	113,370 b	12,049***	110,491
10-20 cm	58,495 a	149,170 c	122,120 b	26,985***	109,928
F Değeri	3,496 ns	0,811 ns	0,181 ns		0,002 ns
Ortalama	65,040 a	147,845 c	117,745 b	36,711***	

Varyans analizi sonucunda EC değerlerinin bütün meşcere tiplerinde ve ortalama değerlere göre toprak derinliğine bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ( $p>0,05$ ) belirlenmiştir. EC değerlerinin hem farklı toprak derinliklerinde hem de ortalama değerlere göre meşcere tipine bağlı değişimi ise istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,001$ ) düzeyde bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre her bir meşcere tipi ayrı bir grup oluşturmuş olup en düşük değerler Çs, en yüksek değerler ise Çk meşcerelerinde elde edilmiştir. EC değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20 EC değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi

#### 4.2.5 Karbon Oranı ve Karbon Miktarı

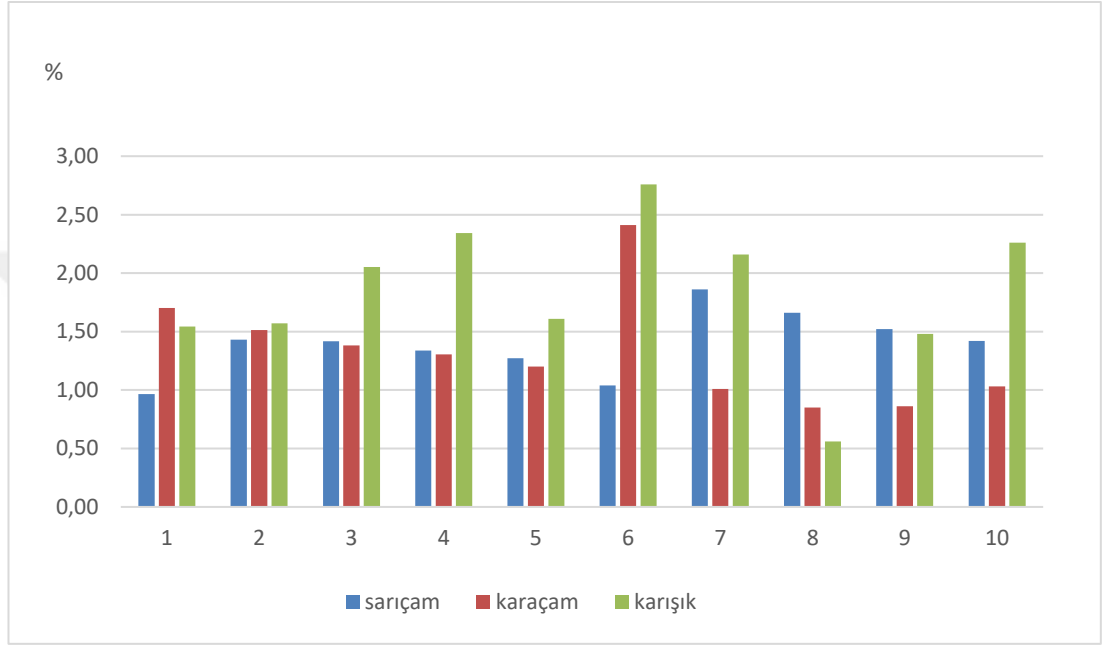
Farklı meşçere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek karbon oranı %2,76 ile karışık meşçerede, en düşük karbon oranı ise %0,56 ile karışık meşçerede tespit edilmiştir (Tablo 4.21).

Farklı meşçere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre en yüksek karbon miktarı 10,63 ton/ha ile karışık meşçerede, en düşük karbon miktarı ise 2,30 ton/ha ile karışık meşçerede tespit edilmiştir (Tablo 4.21).

Tablo 4.21 Üst toprak ve alt topraktaki karbon oranı ve karbon miktarı

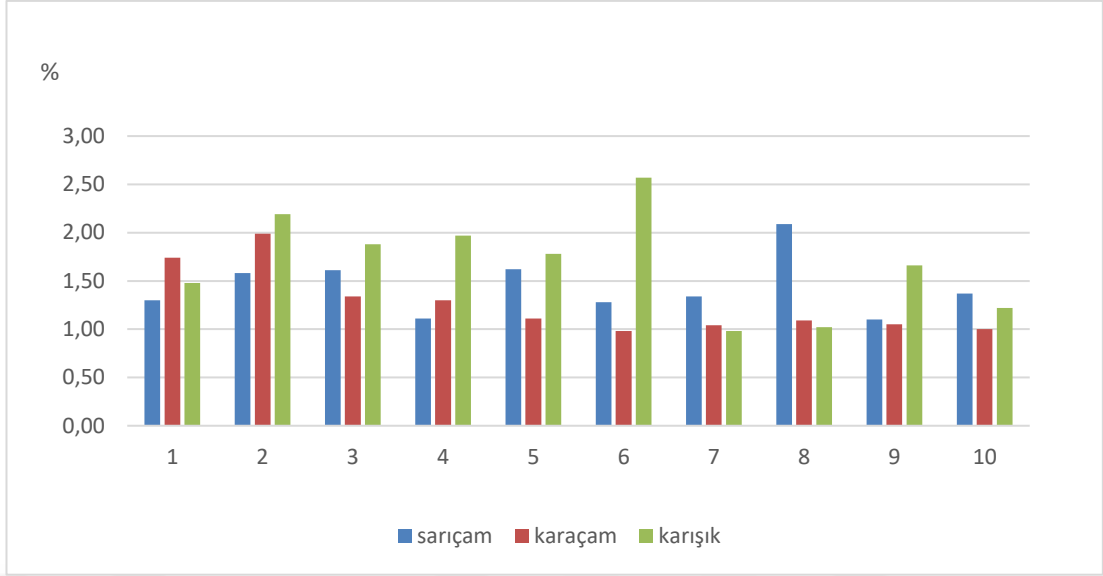
Örnek No		Sarıçam		Karaçam		Karışık	
		Karbon oranı (%)	Toplam karbon	Karbon oranı (%)	Toplam karbon	Karbon oranı (%)	Toplam karbon
1	0-10 cm	0,97	4,02	1,70	5,73	1,54	6,32
	10-20 cm	1,30	6,14	1,74	6,44	1,48	5,44
2	0-10 cm	1,43	5,76	1,51	6,32	1,57	5,55
	10-20 cm	1,58	6,37	1,99	7,15	2,19	9,16
3	0-10 cm	1,42	5,73	1,38	5,61	2,05	8,74
	10-20 cm	1,61	6,44	1,34	5,32	1,88	6,56
4	0-10 cm	1,34	4,73	1,30	5,44	2,34	9,51
	10-20 cm	1,11	4,08	1,30	5,02	1,97	7,80
5	0-10 cm	1,27	4,84	1,20	4,31	1,61	5,79
	10-20 cm	1,62	6,73	1,11	4,14	1,78	6,44
6	0-10 cm	1,04	4,08	2,41	9,51	2,76	10,63
	10-20 cm	1,28	5,61	0,98	4,02	2,57	9,16
7	0-10 cm	1,86	8,57	1,01	3,78	2,16	8,03
	10-20 cm	1,34	5,73	1,04	4,02	0,98	3,96
8	0-10 cm	1,66	7,03	0,85	3,60	0,56	2,30
	10-20 cm	2,09	7,92	1,09	3,96	1,02	3,84
9	0-10 cm	1,52	5,55	0,86	3,60	1,48	5,55
	10-20 cm	1,10	3,96	1,05	4,02	1,66	6,26
10	0-10 cm	1,42	5,32	1,03	3,60	2,26	8,80
	10-20 cm	1,37	5,97	1,00	3,66	1,22	4,61

Üst toprak (0-10 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre karbon oranı sarıçam meşçeresinde en yüksek %1,86 ile en düşük %0,97 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek %2,41 ile en düşük %0,85 arasında ve karışık meşçerede en yüksek %2,76 ile en düşük %0,56 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.21).



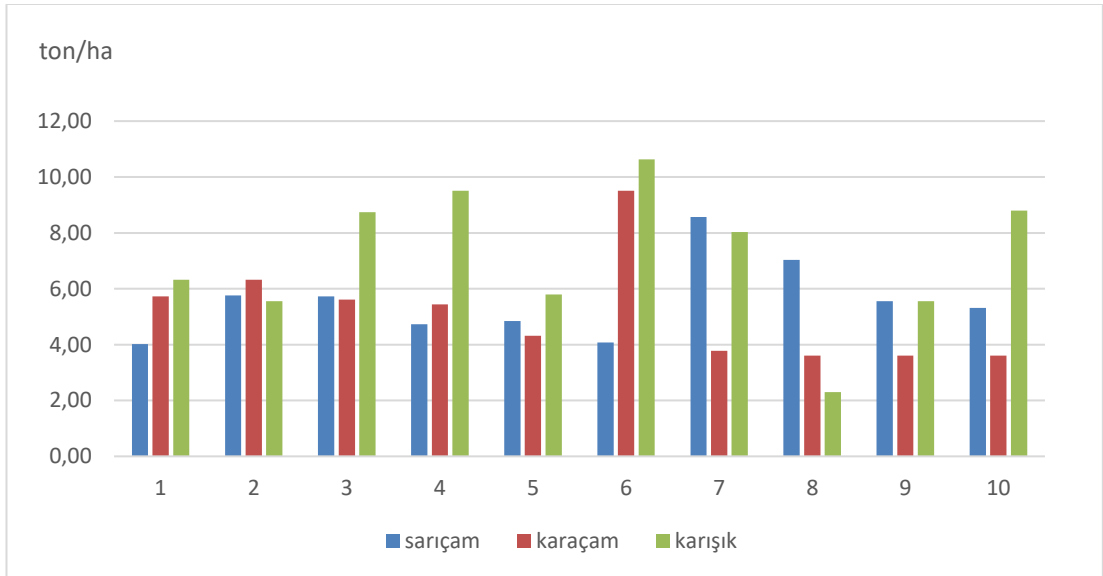
Şekil 4.21 0-10 cm toprak derinliğindeki karbon oranı

Alt toprak (10-20 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre karbon oranı sarıçam meşçeresinde en %2,09 ile en düşük %1,10 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek %1,99 ile en düşük %0,98 arasında ve karışık meşçerede en yüksek %2,57 ile en düşük %0,98 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 10-20 cm toprak derinliğindeki karbon oranı

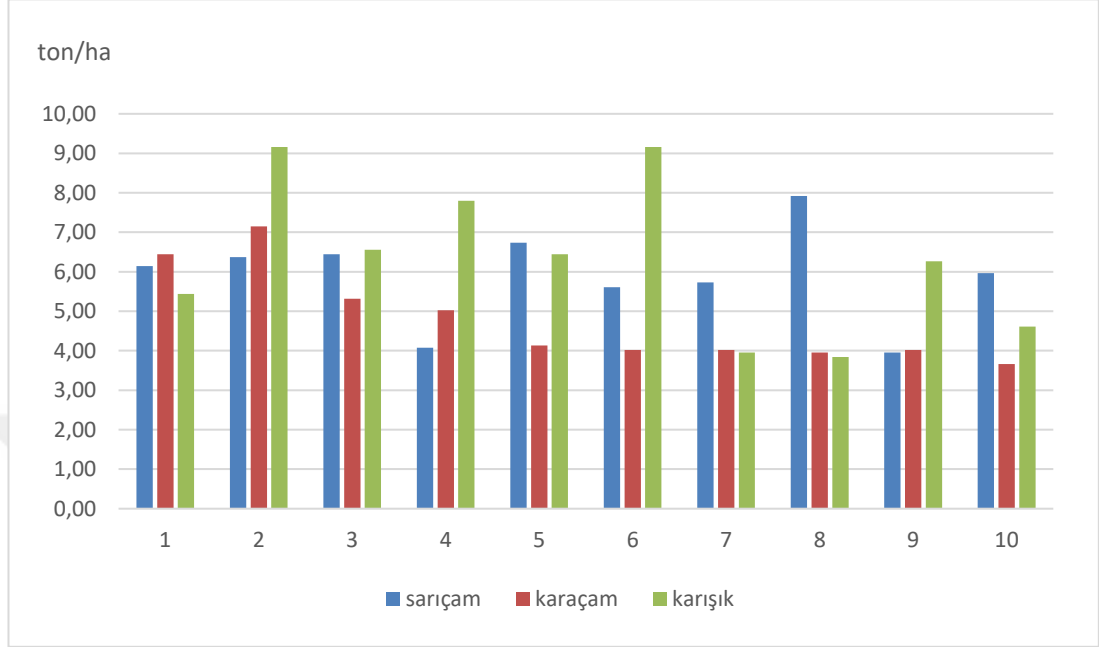
Üst toprak (0-10 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre karbon miktarı sarıçam meşçeresinde en yüksek 8,57 ton/ha ile en düşük 4,02 ton/ha arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 9,51 ton/ha ile en düşük 3,60 ton/ha arasında ve karışık meşçerede en yüksek 10,63 ton/ha ile en düşük 2,30 ton/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 0-10 cm toprak derinliğindeki karbon miktarı

Alt toprak (10-20 cm) derinliğindeki toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre karbon miktarı sarıçam meşçeresinde 7,92 ton/ha ile en düşük 3,96 ton/ha arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 7,15 ton/ha ile en düşük 3,66 ton/ha

arasında ve karışık meşcerede en yüksek 9,16 ton/ha ile en düşük 3,84 ton/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 10-20 cm toprak derinliğindeki karbon miktarı

Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerinin farklı meşcerelerde toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler, standart sapma ve standart hata değerleri ile minimum ve maximum değerleri Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22 Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerinin değişimi

Karbon oranı		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Örnekler							
Çs	0-10 cm	10	1,391	0,2651	,0838	0,97	1,86
	10-20 cm	10	1,438	0,2949	0,093	1,10	2,09
Çk	0-10 cm	10	1,833	0,6151	0,194	0,56	2,76
	10-20 cm	10	1,675	0,5133	0,162	0,98	2,57
ÇkÇs	0-10 cm	10	1,327	0,4715	0,149	0,85	2,41
	10-20 cm	10	1,264	0,3417	0,108	0,98	1,99
Toplam/Ortalama		60	1,488	0,4633	0,059	0,56	2,76

Tablo 4.22'nin devamı

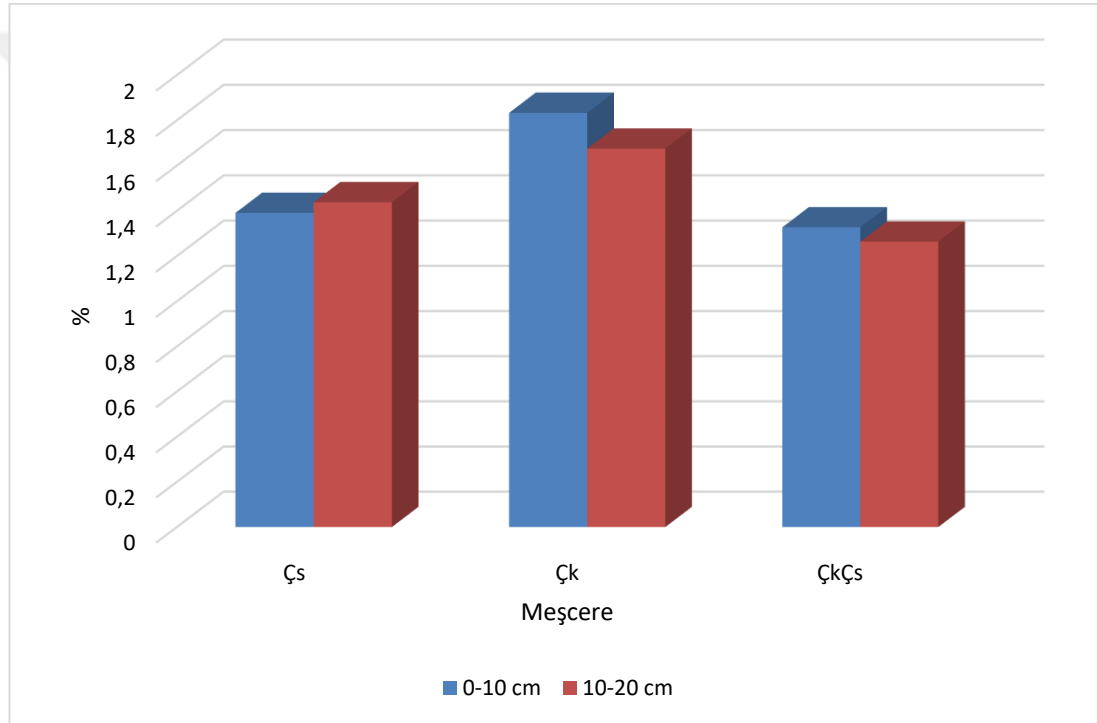
Karbon oranı		Örnek sayısı	Ort.	Std. Sapma	Std. Hata	Min.	Max.
Örnekler							
Çs	0-10 cm	10	5,562	1,3790	0,4361	4,02	8,57
	10-20 cm	10	5,895	1,1807	0,3733	3,96	7,92
Çk	0-10 cm	10	7,124	2,4694	0,7809	2,30	10,63
	10-20 cm	10	6,321	1,9379	0,6128	3,84	9,16
ÇkÇs	0-10 cm	10	5,151	1,8491	0,5847	3,60	9,51
	10-20 cm	10	4,773	1,1922	0,3770	3,66	7,15
Toplam/Ortalama		60	5,804	1,8299	0,2362	2,30	10,63

Karbon oranı değerlerinin değişimi incelendiğinde çalışmada en düşük ortalama karbon oranı değerinin %1,264 ile ÇkÇs meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek ortalama karbon oranı değerinin ise %1,833 ile Çk meşcerelerinde 0-10 cm derinliğindeki topraklarda elde edildiği görülmektedir. Karbon miktarı değerlerinin değişimi incelendiğinde çalışmada en düşük ortalama karbon miktarı değerinin 4,773 ton/ha ile ÇkÇs meşcerelerinde 10-20 cm derinliğindeki topraklarda, en yüksek ortalama karbon miktarı değerinin ise 7,124 ton/ha ile Çk meşcerelerinde 0-10 cm derinliğindeki topraklarda elde edildiği görülmektedir. Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimi ile bu değerlere uygulanan varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.23 Karbon oranı ve karbon miktarı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

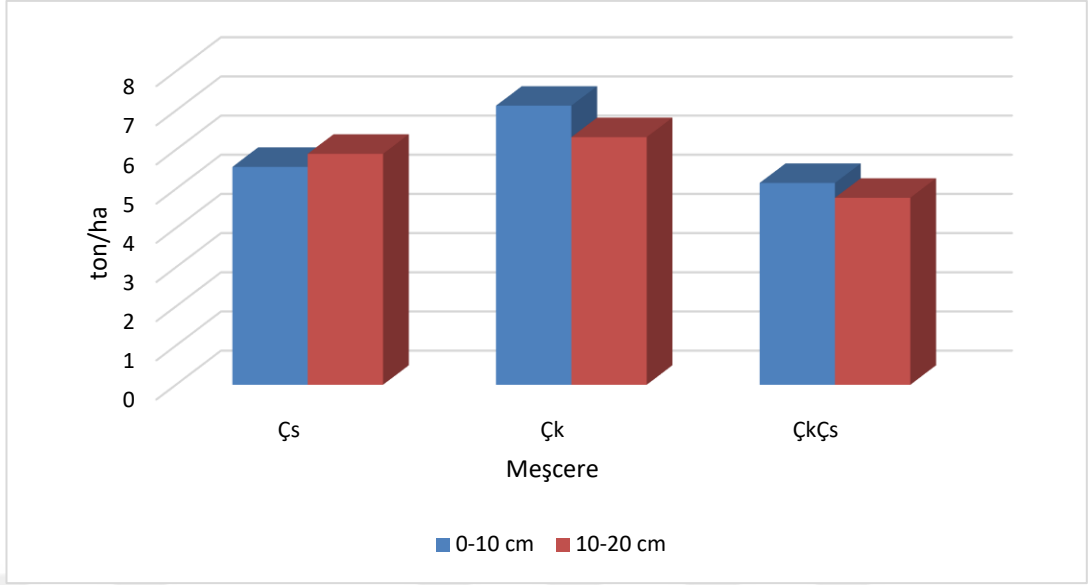
Karbon oranı					
Derinlik	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
0-10 cm	1,391 a	1,833 b	1,327 a	3,404*	1,517
10-20 cm	1,438	1,675	1,264	2,725 ns	1,459
F Değeri	0,140 ns	0,390 ns	0,745 ns		0,227 ns
Ortalama	1,416 a	1,754 b	1,294 a	6,211**	
Karbon miktarı					
Derinlik	Çs	Çk	ÇkÇs	F Değeri	Ortalama
0-10 cm	5,562	7,124	5,151	2,841 ns	5,946
10-20 cm	5,895	6,321	4,773	2,917 ns	5,663
F Değeri	0,335 ns	0,648 ns	0,290 ns		0,349 ns
Ortalama	5,729 ab	6,722 b	4,962 a	5,335**	

Varyans analizi sonucunda karbon oranı ve karbon miktarı değerlerinin bütün meşcere tiplerinde ve ortalama değerlere göre toprak derinliğine bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ( $p>0,05$ ) belirlenmiştir. Karbon oranı değerlerinin hem 0-10 cm toprak derinliklerinde hem de ortalama değerlere göre meşcere tipine bağlı değişimi ise istatistiki olarak anlamlı (en az  $p<0,05$ ) düzeyde bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre meşcere tipleri hem 0-10 cm toprak derinliklerinde hem de ortalama değerlere göre iki grup oluşturmuş, Çs ve ÇkÇs meşcereleri ilk grubu oluştururken Çk meşcereleri ikinci grubu oluşturmuştur. Karbon oranı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25 Karbon oranı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi

Karbon miktarı değerlerinin ise toprak derinliklerinde meşcere tipine bağlı olarak değişimleri istatistiki olarak anlamlı düzeyde değilken ( $p>0,05$ ) ortalama değerlere göre meşcere tipi bazında karbon miktarı değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre karbon miktarı Duncan testi sonucunda iki grup oluşturmuş, ÇkÇs meşcereleri ilk grubu, Çk meşcereleri ise ikinci grubu oluştururken Çs meşcereleri her iki grupta birden yer almıştır. Karbon miktarı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi Şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26 Karbon miktarı değerlerinin meşcere tipi ve toprak derinliğine bağlı değişimi

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı meşcere türlerinden alınan ölü örneklerindeki nem içeriklerini incelediğimizde her üç meşcere türünde de ortalama nem içeriği en yüksek %42,39 ile Sarıçam meşceresinde görülürken en düşük ortalama nem içeriği ise %7,04 ile Karaçam meşceresinde görülmektedir. Ölü örtüler kendi ağırlıklarının beş katına kadar su tutabilme özelliğine sahiptirler (Özbek vd., 2001). Yapılan bir çalışmaya göre bitki organik atıklarının ortalama %75 civarında nem tutabildikleri ifade edilmektedir (Brady, 1990).

Ölü örtü örneklerinde en yüksek pH 7,69 ile Sarıçam meşceresinde görülürken en düşük pH 5,85 ile sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir. Farklı meşcere türlerinden alınan ölü örtü örneklerindeki karbon miktarını incelediğimizde her üç meşcere türünde en yüksek karbon miktarı %33,57 ile Karaçam meşceresinde, en düşük karbon miktarı ise %24,03 ile Sarıçam meşceresinde tespit edilmiştir.

Toprak pH'ı kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçleri etkileyen önemli bir faktördür (Melek, 2020). Toprakların pH değeri 4,5 veya daha düşükse kuvvetli asit, 8,5 veya daha yüksekse kuvvetli alkali olarak sınıflandırılmaktadır. pH değeri 6,5-7,5 arasında olan topraklar nötr kabul edilmektedir. pH değeri 4,5-5,5 olan topraklar orta asit, 5,5-6,5 olan topraklar hafif asit, 7,5-8,5 olan topraklar ise hafif alkali olarak sınıflandırılmaktadır (Özgövcikli, 2020).

Chen vd., (2005) karışık ormanlardaki humus tabakasının ortalama pH'ının 4,20 olduğunu bulmuşlardır. Karaöz (1991), araştırmasında iğne yapraklı orman ölü örtülerinin pH değerini 5,83 ile 4,23 arasında değiştiğini, inceleme sahasındaki türlerin çok az miktarda kalsiyum içerdiğini ve asidik ortamın oluştuğunu ifade etmiştir. İlkbaharda yağışların artmasıyla birlikte üst tabakadaki katyonlar yıkanarak toprağın derinliklerine iner ve pH'ın düşmesine sebep olur (Brady, 1990). Bolat (2011), yaptığı çalışma sonucunda göknar meşcerelerinde tespit edilen organik karbon miktarının kayın, karaçam ve Gökhan-kayın meşcerelerine kıyasla daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Farklı meşcere türlerinde farklı toprak derinliklerine ait hacim ağırlıkları değerlerini incelediğimizde her üç meşcere türünde 0-5 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı 1,81 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşçeresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 0,79 gr/cm<sup>3</sup> ile karışık meşçerede görülmektedir. 5-10 cm toprak derinliğindeki en yüksek hacim ağırlığı 1,83 gr/cm<sup>3</sup> ile Karaçam meşçeresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 0,70 gr/cm<sup>3</sup> ile karışık meşçerede görülmektedir. 10-15 cm toprak derinliğinde ise en yüksek hacim ağırlığı 1,90 gr/cm<sup>3</sup> ile Sarıçam meşçeresinde görülürken en düşük hacim ağırlığı 1,01 gr/cm<sup>3</sup> ile Sarıçam meşçeresinde görülmektedir.

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan tekstür analizi sonuçlarına göre; üst toprak (0-10 cm) derinliğinde kum değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %77,85 olarak, en düşük %65,55 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %71,49 olarak, en düşük %64,83 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %73,13 olarak, en düşük %57,79 olarak tespit edilmiştir. Kil değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %19,23 olarak, en düşük %13,59 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %24,11 olarak, en düşük %16,08 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %30,93 olarak, en düşük %16,00 olarak tespit edilmiştir.

Toz değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %16,42 olarak, en düşük %7,09 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %12,51 olarak, en düşük %9,37 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %14,75 olarak, en düşük %7,07 olarak tespit edilmiştir. Alt toprak (10-20 cm) derinliğinde kum değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %81,16 olarak, en düşük %68,2 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %71,24 olarak, en düşük %62,36 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %69,14 olarak, en düşük %52,69 olarak tespit edilmiştir.

Kil değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %19,06 olarak, en düşük %11,28 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %24,79 olarak, en düşük %17,05 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %31,47 olarak, en düşük %17,1 olarak tespit edilmiştir. Toz değerleri sarıçam meşçeresinde en yüksek %13,07 olarak, en düşük %5,83 olarak; karaçam meşçeresinde en yüksek %13,43 olarak, en düşük %9,39 olarak ve karışık meşçerede en yüksek %15,84 olarak, en düşük %8,39 olarak tespit edilmiştir.

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan pH analizi sonuçlarına göre; üst toprak (0-10 cm) derinliğinde pH değerlerinin sarıçam meşceresinde en yüksek 5,90 ile en düşük 5,30 arasında, karaçam meşceresinde en yüksek 7,60 ile en düşük 5,80 arasında, karışık meşcerede ise en yüksek 8,00 ile en düşük 6,60 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Alt toprak (10-20 cm) derinliğinde ise pH değerlerinin sarıçam meşceresinde en yüksek 6,50 ile en düşük 5,30 arasında, karaçam meşceresinde en yüksek 7,70 ile en düşük 5,90 arasında, karışık meşcerede ise en yüksek 8,10 ile en düşük 7,60 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Toprak pH'nın ölü örtü ve ana kayadan daha düşük olması, iklimin, toprak organizmalarının ve kök faaliyetlerinin daha aktif olduğunu işaret eder. Yağışın şiddeti ve miktarına bağlı olarak yıkanmanın yoğunluğu ve ölü örtüdeki ayrışma nedeniyle pH değerlerinde düşüş meydana gelebilmektedir.

Satti vd., (2003) farklı meşcere türlerine ait üst toprakların pH değerlerinin istatistiksel olarak farklılık gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Maiha vd., (2006) fıstıkçamı meşcerelerinde granit ana kayasındaki toprak pH'nın 3,8 ile 4,8 aralığında değiştiğini, Sarıçam meşceresinde ise bu değerlerin 3,7 ile 4,4 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Şist anakayasında bulunan meşcere topraklarında bunlara benzer özellikler gösterdiğini ve fıstıkçamı meşcerelerinin 3,4 ile 4,7 aralığında, sarıçam meşceresi topraklarının ise 3,8 ile 4,1 aralığında değer aldığını ifade etmişlerdir.

Tian vd., (2008) dokuz farklı ağaç türüne ait meşcere topraklarında yaptığı araştırma sonucunda pH'nın 4,12 ile 7,85 aralığında değer aldığını tespit etmiştir. Kara ve Bolat (2008), kayın ve karaçamda yaptıkları çalışma sonucunda ağaç türünün pH üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kara vd., (2008) ortalama pH değerlerinin meşe meşceresinde 5,13 olduğunu, göknar-kayın karışık meşceresinde 5,74 olduğunu, Diaz-Ravina vd., (1995) fıstık çamı meşceresinde 5,2 olduğunu, saplı meşede ise 5,0 olduğunu belirtmişlerdir. Alvarez vd., (2009) 0-10 cm derinliğindeki üst toprak katmanında pH'nın mevsimlere göre değiştiğini ve 4,7 ile 7,0 aralığında değer aldığını ifade etmiştir.

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan EC analiz sonuçlarına göre; Üst toprak (0-10 cm) derinliğinde EC değerlerinin sarıçam meşçeresinde en yüksek 92,50  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 43,90  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında karaçam meşçeresinde en yüksek 189,10  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 45,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında ve karışık meşçerede en yüksek 186,60  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 110,00  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Alt toprak (10-20 cm) derinliğinde ise sarıçam meşçeresinde en yüksek 81,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 37,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 179,30  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 53,70  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında ve karışık meşçerede en yüksek 189,40  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ile en düşük 105,20  $\mu\text{s}/\text{cm}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Topraklardaki EC değeri 0-4  $\text{mS}/\text{cm}^{-1}$  veya tuz miktarı %0,15 ve daha az ise tuzluluk tehlikesi yok kabul edilmektedir. EC değeri 4-8  $\text{mS}/\text{cm}^{-1}$  veya tuz oranı %0,15-0,35 arasında olan topraklar hafif tuzlu, EC değeri 8-15  $\text{mS}/\text{cm}^{-1}$  veya %0,35-0,65 arasında olan topraklar orta tuzlu kabul edilmektedir. EC değeri 15  $\text{mS}/\text{cm}^{-1}$ 'den veya tuz oranı %0,65'den yüksek oranda tuzlu olan topraklar ise kuvvetli tuzlu olarak kabul edilmektedir (Özgövcikli, 2020).

Kara vd. (2008) yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre meşe meşçerelerinde elektrik iletkenlik değerinin 100  $\mu\text{S}/\text{m}$  olduğunu, göknar-kayın karışık meşçeresinde ise 160  $\mu\text{S}/\text{m}$  olduğunu; Kara ve Bolat (2008) ise elektrik iletkenliğini kayın meşçeresinde 80  $\mu\text{S}/\text{m}$  olduğunu, karaçam meşçeresinde ise 190  $\mu\text{S}/\text{m}$  olduğunu tespit etmişlerdir.

Farklı meşcere türlerinde üst toprak (0-10 cm) ve alt topraktan (10-20 cm) alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; üst toprak (0-10 cm) derinliğinde karbon oranı sarıçam meşçeresinde en yüksek %1,86 ile en düşük %0,97 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek %2,41 ile en düşük %0,85 arasında ve karışık meşçerede en yüksek %2,76 ile en düşük %0,56 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Alt toprak (10-20 cm) derinliğinde ise sarıçam meşçeresinde en %2,09 ile en düşük %1,10 arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek %1,99 ile en düşük %0,98 arasında ve karışık meşçerede en yüksek %2,57 ile en düşük %0,98 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Üst toprak (0-10 cm) derinliğinde karbon miktarı sarıçam meşçeresinde en yüksek 8,57 ton/ha ile en düşük 4,02 ton/ha arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 9,51 ton/ha ile en düşük 3,60 ton/ha arasında ve karışık meşçerede en yüksek 10,63 ton/ha ile en düşük 2,30 ton/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Alt toprak (10-20 cm) derinliğinde ise karbon miktarı sarıçam meşçeresinde 7,92 ton/ha ile en düşük 3,96 ton/ha arasında, karaçam meşçeresinde en yüksek 7,15 ton/ha ile en düşük 3,66 ton/ha arasında ve karışık meşçerede en yüksek 9,16 ton/ha ile en düşük 3,84 ton/ha arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Toprak organik karbonu, toprağın üzerini çevreleyen ölü örtünün iklim elemanları, makro ve mikrobiyal canlılar tarafından ayrıştırılması ve toprağa karıştırılması le oluşmaktadır (Kantarcı, 2000). Çakıroğlu (2011) kayın yapraklarının daha fazla lignin içermesi nedeniyle kayına kıyasla göknarın daha hızlı ayrıştığını belirtmiştir. Ağaç türlerinin topraktaki organik karbon içeriği üzerinde önemli derecede etkili olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (Kara, 2002; Kara vd., 2008; Mahia vd., 2006; Tian vd., 2008). Yapılan çalışmalara göre iğne yapraklı türlerin geniş yapraklı türlere kıyasla daha fazla organik karbon içerdiği tespit edilmiştir (Diaz-Ravina vd., 1995; Upadhyaya vd., 2004).

Topraklardaki organın asıl kaynağı toprak üzerinde büyüyen canlılardır ve özellikle toprak üzerinde yetişen bitkiler ne kadar fazla biyokütleyle sahipse, toprak karbon stoğuna o kadar fazla katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla bitki gelişimi topraktaki karbon miktarını etkileyen başlıca faktördür. Bitkilerin gelişimi temel olarak iç ve dış faktörlerin etkisiyle şekillenmektedir. İç faktörler genellikle bitkilerin genetik yapısı (Sevik, 2021; Yigit vd., 2014; Yucedag vd., 2021) ile ilgili iken dış faktörler başlıca iklimik ve edafik faktörlerdir (Karacocuk vd., 2022; Koç vd., 2021; Ozel vd., 2021g,h; Sevik vd., 2017; Yigit vd., 2018). Bu faktörler, bitkilerin gelişimi için uygun değer aralıklarının dışında olduğunda bitki gelişimi sekteye uğrayabilmektedir. İklimatik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık ve don stresi (Koç ve Nzokou, 2022; Lebrun vd., 2022; Sevik ve Ertürk, 2015; Sevik ve Karaca, 2016; Toulotte vd., 2022) bitkilerin en sık maruz kaldığı stress faktörleridir.

Bununla birlikte son yıllarda hem nüfus artışı hem de nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaşması pek çok sorunu beraberinde getirmiştir (Isınkaralar vd., 2022; Kilicoglu vd., 2020). Bu sorunlardan birisi de çevre kirliliğidir (Şevik vd., 2021; Uçun Ozel vd., 2019). Kirlilik bitki gelişimini etkileyen çevresel faktörleri de etkilemiş, hava (Isınkaralar, 2020; Sevik vd., 2021; Türkyılmaz vd., 2018), toprak (Bayraktar, 2020a,b,c; Khan vd., 2021; Kaplan vd., 2022; Murthuza vd., 2022) ve su (Uçun Ozel vd., 2020; Wang vd., 2022; Zhang vd., 2022) önemli ölçüde kirlenmiştir ve kirlilik, özellikle de hava kirliliği bitkilerde önemli bir stress faktörüdür (Banerjee vd., 2022; Çobanoğlu ve Şevik, 2021a,b; Işınkaralar ve Erdem, 2022; Key vd., 2021).

Son yıllarda artan sıcaklıklardan dolayı yeryüzünde ısınma meydana gelmiştir. Bu sıcaklıklardan dolayı toprakta da ısı değişimleri meydana gelmektedir. Artan toprağın ısısı topraktaki karbon emisyonunun artmasına ve topraktaki organik materyallerin parçalanmasından dolayı yılda ha başına  $8,2 \pm 4,2$  ton kaybına neden olmaktadır (Nottingham vd. 2020).

Karbon değişim potansiyeli iklim ve kation değişimine göre belirgin şekilde değişmektedir. Orman zemini karbon stoklarının N birikiminin etkisinin yüksek olduğu iğne yapraklı orman tabanında diğer türlere göre en yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ortalama organik karbon stoklarının %16 ile %24'ü arasında orman zemininde depolanmaktadır. Toprak organik karbon stoklarının %68-69'u toprağın 30 cm derinliğinde depo edilmektedir (Heitkamp vd. 2021).

Organik tabakadaki toprak besin değerleri özellikle C, toplam N,  $\text{NH}_4$  ve P (suda çözünebilir), miktarları yüksek şiddetli yangına maruz kalmış alanlarda düşük şiddetli yangın olan alanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Düşük şiddetli yangın alanlarının ise  $\text{NO}_3$  konsantrasyonlarının diğer bölgelere göre çok daha yüksek olduğu, hiç yanmamış alanlardaki C miktarının da diğer yanmış sahalardan daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca şiddetli yangın sonrasında topraktaki karbon solunumu da azalmaktadır (Kelly vd. 2021). *Pinus nigra* ormanlarındaki yangın sahalarda şiddetli yangın sonrası toprak toplam organik karbonu, toplam azot ve toplam fosfor yangın şiddetine bağlı olarak azalmaktadır. Fakat yangın C/N oranında önemli bir değişikliğe yol açmamaktadır (Li vd. 2020).

Orman toprakları üzerindeki uzun vadeli N gübrelemesi ile toprak C içeriği hem O hem de A horizonların da önemli ölçüde artmıştır. Orman topraklarına yapılan azot ilaveleri ormandaki N içeriği yerine yalnızca toplam C içeriğini etkilemektedir. N ilavesi ile toplam C içeriği %22'den %30,2'ye, A horizonunda %6,77'den (kontrol) %10,06'ya yükseldiği belirlenmiştir. B horizonunda C içeriğinde bir değişme meydana gelmemektedir. Mikrobiyal kütledeki azalmanın da zamanla N gübrelemesindeki yüksek toprak organik karbonunun depolanmasındaki karbonun mikrobiyal işlenmesini baskıladığı gözlemlenmiştir (Huang vd. 2020; Wang vd. 2019).

Orman toprak yüzeyindeki ayrışmalar karbonun toprağa karışmasını ya da mineral toprağın ortaya çıkmasına etki edebilmektedir. Bununla ilgili olarak yaban domuzu sahalarında yapılan araştırmada topraktaki biyotürbasyonun mineral toprak organik karbonu %26 oranında arttığı, orman zeminindeki C stoklarını da %40 oranında azalttığı gözlemlenmiştir. Biyotürbasyon olmadan (15 cm derinlikteki alanda) organik karbon stokunun %51'i orman tabanında depolanırken, %49'u mineral toprakta depolanmaktadır. Biyotürbasyonun karbon depolanmasına olumlu etki edebileceğini gelişmiş mekanizasyon nedeniyle toprak organik karbonunu daha kararlı organik karbona dönüştürmeye yardımcı olabileceği de düşünülmektedir (Don vd. 2019).

Toprak yüzeyindeki kalıntı materyallerde topraktaki mineral karbon stoklarını etkilemektedir. Orman üzerinde canlı materyallerin tam ağaç hasatları ya da sadece gövde hasadının gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkan kalıntıların sadece gövde hasadı yapılan alanlarda tam ağaç hasadı yapılan alanlara göre %8,2 daha fazla karbon depolanması oluşmaktadır. Toprak kil içeriği ve C konsantrasyonları da tortu tutulmasına etki etmektedir. Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ormanlarda yapılan tam ağaç hasadına göre gövde hasadı yapılan alanlarda 0-20 cm toprak tabakasında daha yüksek mineral toprak karbon depolanması olmaktadır. Kozalaklı ormanlarda hasattan sonra kalıntı ile mineral topraktaki karbon depolanmasının hasattan sonra 10 yıl sürdüğü görülmüştür (Wan vd. 2018).

Farklı ağaç türlerine göre de toprak üstü kalıntılardan oluşan mineral toprak organik karbonu değişiklik göstermektedir. Çam ormanlarında ladin meşçerelerine göre daha fazla diri örtü bulunmasına rağmen (Martínez-García vd. 2022), çam ormanlarının

meşçere altı toprağı diğer ibreli türler (ladin ve göknar) ve yaprak dökten (meşe ve kayın) ağaç türlerine göre daha az C karbon depolama özelliğine sahiptir (Gruba ve Socha, 2019). Toprak karbon stokunun %11,4 subtropikal geniş yapraklı ve %8,8 subtropikal çam ormanları oluşturmaktadır (Ali vd. 2020).

Atmosferdeki karbonun toprağa katılım profilleri kök biyokütlesi ve yer üstü girdi profilleri ile de karşılaştırılabilir. Alt toprakta belirlenen karbon oranı, meta-analizlerde derlenen karşılık gelen kök biyokütle oranında daha yüksektir. Tarla üst kısımlarındaki yeni karbon miktarı otlaklara ve ormanlara göre daha az, alt topraklardaki karbon miktarları da benzer olmaktadır. Bu durumda hasat sırasında toprak üstü biyokütlenin uzaklaştırılmasından kaynaklanan toprak yüzeyindeki karbon girdisindeki genel azalma ile ilişkilidir (Balesdent vd. 2018).

Orman restorasyonu toprak besin konsantrasyonlarını ve stoklarını önemli ölçüde etkilemektedir ( $p < 0.05$ ). Toprak organik karbonu konsantrasyonları 12,6'dan 18,6 g/kg'a, N konsantrasyonları 1,2'den 1,6 g/kg'a yükselirken, P konsantrasyonu 0,3'ten 0,2 g/kg'a düşmüştür (Xu vd. 2018). Ormanlar üzerindeki seyreltme yoğunlukları  $< \%35$  ve orta düzeyde seyreltme yoğunluğu  $\%35-55$ 'in toprak organik karbon stoklarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Fakat seyreltme yoğunluğunun  $> \%55$ 'ten daha büyük olduğu durumlarda toprak organik karbon stoklarında düşüş meydana gelmektedir (Gong vd. 2021).

Settineri vd. (2018), *Pinus laricio* ormanlarının silvikültürel müdahalesin de  $\%45$  oranında seyreltmenin hem ağaçların çam ve yükseklikte artışına neden olarak ahşap dokularındaki karbonun artışına hem de toprak organik karbon depolamasının artırılması için uygun bir yöntem olmaktadır. Orman tabanındaki net CO<sub>2</sub> değişimi  $175 \pm 76$ 'dan  $326 \pm 105$  g C m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup> 'e başlangıçtan yaşlı meşçerelere kadar önemli ölçüde artmaktadır (Martínez-García vd. 2022).

Karasal ekosistemlerdeki orman alanlarının yoğunluklarındaki azalmalar ise toprak organik karbon stoklarının düşüşüne yol açmaktadır (Alidoust vd. 2018). Ormanlık alanların rakıma bağlı değişimlerinde de *Cedrus deodara* ormanının toplam karbon

stoku (toprak, ağaçlar ve orman zemini) 395,4 t ha<sup>-1</sup> (1750 m), 321.6 t ha<sup>-1</sup> (1900 m) ve 282,5 t ha<sup>-1</sup> (2050 m) olarak değişmektedir (Sheikh vd. 2020).

Rusya'nın kuzeybatı ormanlarında çam ormanlarındaki mineral toprak karbon stoku (0-30 ve 0-50 cm katmanlarında sırasıyla 54 ve 73 t ha<sup>-1</sup>) ladin ve huş ormanlarındaki mineral karbon stoklarından (sırasıyla 96 ve 125 ton<sup>-1</sup>) daha düşüktür. Otsu bitkilerin fazla olduğu ladin ormanlarında mineral topraktaki karbon birikimi fazla iken cüce çalırlar ve yeşil yosunların olduğu çam ormanlarında organik katmanda karbon birikimi en fazla, mineral toprakta ise en düşük olmaktadır. Bundan dolayı topraktaki karbon stokları, sadece toprak türleri ile ilişkili değildir, ayrıca alandaki farklı ağaç türleri ve zemindeki bitki örtüsü gruplarının da hakim olduğu orman türlerinin oranları ile de ilişkilidir (Lukina vd. 2020). Bu nedenle mevcut alandaki bitki örtüsü ve ağaç türleri toprak karbon stoku üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

## 6. ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda ağaç türünün ölü örtü ve topraklarda depolanan karbon miktarlarını etkilediği belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda ileride yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında daha fazla karbon depolama kapasitesi düşünülerek ormancılık aktivitelerine yön verilmelidir. Ayrıca yönetim uygulamaları üretim ile birlikte ormanlarda karbon depolamayı arttıracak faaliyetlerin de yapılmasına özen gösterilmelidir. Önemli karbon rezervlerinden birisi olan toprağın organik karbon stoklarındaki değişimlerin iyi anlaşılması orman kaynaklarının yönetim stratejilerinin oluşturulmasında daha aktif rol oynayabilir.

## KAYNAKLAR

- Adair, E. C., David U. H., Paquette, A. & Hungate, B. A., (2018). Ecosystem context illuminates conflicting roles of plant diversity in carbon storage, *Ecology Letters*, doi: 10.1111/ele.13145.
- Adkins, J., Sanderman, J., & Miesel, J. (2019). Soil carbon pools and fluxes vary across a burn severity gradient three years after wildfire in Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Geoderma*, 333, 10-22.
- Aglietti, C., Benigno, A., Scali, E., Capretti, P., Ghelardini, L., & Moricca, S. (2021). Molecular-based reappraisal of a historical record of *Dothistroma* needle blight in the centre of the Mediterranean region. *Forests*, 12(8), 983.
- Ahirwal, J., & Maiti, S. K. (2018). Assessment of soil carbon pool, carbon sequestration and soil CO<sub>2</sub> flux in unreclaimed and reclaimed coal mine spoils. *Environmental Earth Sciences*, 77(1), 1-13.
- Ali, A., Ashraf, M. I., Gulzar, S., Akmal, M., & Ahmad, B. (2020). Estimation of soil carbon pools in the forests of Khyber Pakhtunkhwa Province, Pakistan. *Journal of Forestry Research*, 31(6), 2313-2321.
- Alicandri, E., Covino, S., Sebastiani, B., Paolacci, A. R., Badiani, M., Sorgonà, A., & Ciaffi, M. (2022). Monoterpene Synthase Genes and Monoterpene Profiles in *Pinus nigra* subsp. *laricio*. *Plants*, 11(3), 449.
- Alicandri, E., Covino, S., Sebastiani, B., Paolacci, A. R., Badiani, M., Manti, F., ... & Ciaffi, M. (2021). Diterpene Resin Acids and Olefins in Calabrian Pine (*Pinus nigra* subsp. *laricio* (Poiret) Maire) Oleoresin: GC-MS Profiling of Major Diterpenoids in Different Plant Organs, Molecular Identification and Expression Analysis of Diterpene Synthase Genes. *Plants*, 10(11), 2391.
- Alidoust, E., Afyuni, M., Hajabbasi, M. A., & Mosaddeghi, M. R. (2018). Soil carbon sequestration potential as affected by soil physical and climatic factors under different land uses in a semiarid region. *Catena*, 171, 62-71.
- Altunışık, R., Çoskun R., Yıldırım, E. & Bayraktaroğlu, S., (2002). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. SPSS Uygulamalı, Gelistirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, İ.İ.B.F., Sakarya, 281 s.
- Alvarez, E., Torrado, V.M., Fernandez, M.L. & Diaz-Ravia, M., (2009). Microbial biomass and activity in a forest soil under different tree species. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8 (9): 878-887.
- Anonim, (2014). Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü, Kastamonu Orman Amenajman Planı. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü (2014-2033).
- Armolaitis, K., Kabasinskiene, I.V., Stupak, I., Kukkola, M., Miksys, V., & Wojcik, J. (2013). Carbon and nutrients of scots pine stands on sandy soils in Lithuania

in relation to bioenergy sustainability. *Biomass and Bioenergy*, 54, 250-259. doi:10.1016/j.biombioe.2013.03.034.

- Arzac, A., de Quijano, D. D., Khotcinskaia, K. I., Tychkov, I. I., Voronin, V. I., & Kirilyanov, A. V. (2022). The buffering effect of the Lake Baikal on climate impact on *Pinus sylvestris* L. radial growth. *Agricultural and Forest Meteorology*, 313, 108764.
- Atalay, I., & Efe, R. (2012). Ecological attributes and distribution of Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe] in Turkey. *J. Environ. Biol.* 33, 509-519
- Aun, K., Kukumägi, M., Varik, M., Becker, H., Aosaar, J., Uri, M., ... & Uri, V. (2021). Short-term effect of thinning on the carbon budget of young and middle-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Forest Ecology and Management*, 492, 119241.
- Babu, S., Mohapatra, K. P., Yadav, G. S., Lal, R., Singh, R., Avasthe, R. K., ... & Kumar, A. (2020). Soil carbon dynamics in diverse organic land use systems in North Eastern Himalayan ecosystem of India. *Catena*, 194, 104785.
- Balesdent, J., Basile-Doelsch, I., Chadoeuf, J., Cornu, S., Derrien, D., Fekiacova, Z., & Hatté, C. (2018). Atmosphere–soil carbon transfer as a function of soil depth. *Nature*, 559(7715), 599-602.
- Banerjee, S., Banerjee, A., & Palit, D. (2022). Morphological and biochemical study of plant species-a quick tool for assessing the impact of air pollution. *Journal of Cleaner Production*, 130647.
- Bateni, C., Ventura, M., Tonon, G., & Pisanelli, A. (2021). Soil carbon stock in olive groves agroforestry systems under different management and soil characteristics. *Agroforestry Systems*, 95(5), 951-961.
- Bayraktar, O. Y. (2020c). Use of geosynthetics in road construction. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 6(2): 107-113
- Bayraktar, O.Y. (2020a). Durability performance of concrete structures exposed to fire, *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 9(11), 70-81.
- Bayraktar, O.Y. (2020b). Risk management in construction sector. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(2), 237-243.
- Bi, B., Yuan, Y., Zhang, H., Wu, Z., Wang, Y., & Han, F. (2022). Rhizosphere soil metabolites mediated microbial community changes of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* across stand ages in the Mu Us Desert. *Applied Soil Ecology*, 169, 104222.
- Bi, B., Zhang, H., Yuan, Y., Wu, Z., Wang, Y., & Han, F. (2021). Dynamic changes of soil microbial community in *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantations in the Mu Us Sandy Land. *Journal of Environmental Management*, 287, 112306.

- Bienkowski, P., Titlyanova, A.A. & Shibareva, S.V., (2006). Chemical properties of litter of forest and grassland ecosystems: transect studies in Siberia (Russia). *Polish Journal of Ecology*, 54: 91–104.
- Björklund, J., Seftigen, K., Fonti, P., Nievergelt, D., & von Arx, G. (2020). Dendroclimatic potential of dendroanatomy in temperature-sensitive *Pinus sylvestris*. *Dendrochronologia*, 60, 125673.
- Bouyoucos, G.J, (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Brady, N.C., (1990). *The Nature and Properties of Soils*. 10th Ed. New York: Macmillan, 621 pp.
- Brown, S., & Lugo, A.E., (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil*, 124(1), 53-64.
- Bueis, T., Turrión, M. B., Bravo, F., Pando, V., & Muscolo, A. (2018). Factors determining enzyme activities in soils under *Pinus halepensis* and *Pinus sylvestris* plantations in Spain: a basis for establishing sustainable forest management strategies. *Annals of Forest Science*, 75(1), 1-13.
- Candel-Pérez, D., Lucas-Borja, M. E., García-Cervigón, A. I., Tíscar, P. A., Andivia, E., Bose, A. K., ... & Linares, J. C. (2022). Forest structure drives the expected growth of *Pinus nigra* along its latitudinal gradient under warming climate. *Forest Ecology and Management*, 505, 119818.
- Canturk, U., & Kulac, S. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, doi:10.1007/s10661-021-09546-5
- Cesur A, Zeren Cetin I, Abo Aisha AES, Alrabiti OBM, Aljama AMO, Jawed AA, Cetin M, Sevik H & Ozel HB (2021) The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research (Environ Sci Pout Res)* 2021. DOI: 10.1007/s11356-021-13166-4; <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13166-4>
- Cetin, M., Ahmaida, E. A., Mossi, M. M. M., & Sevik, H. (2017b). The effect of the amount of CO<sub>2</sub> on *Sansevieria trifasciata* in indoor environment. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity 05-08 July 2017, Minsk – BELARUS, p:280
- Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2017a). Changes in the particulate matter and CO<sub>2</sub> concentrations based on the time and weather conditions: the case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, 40(1-II), 477-485.
- Cetin, M., Sevik, H., & Saat, A. (2017b). Indoor air quality: the samples of Safranbolu Bulak Mencilis cave. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(10), 5965-5970.

- Chen, T., Chang, Q., Liu, J., Clevers, J. G. P. W., & Kooistra, L. (2016). Identification of soil heavy metal sources and improvement in spatial mapping based on soil spectral information: A case study in northwest China. *Science of the total environment*, 565, 155-164.
- Chen, T.H., Chiu, C.Y. & Tian, G.L., (2005). Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. *Pedobiologia*, 49: 645–653.
- Chen, X., & Lu, X. (2018). Contamination characteristics and source apportionment of heavy metals in topsoil from an area in Xi'an city, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 151, 153-160.
- Christopoulou, A., Mallinis, G., Vassilakis, E., Farangitakis, G. P., Fyllas, N. M., Kokkoris, G. D., & Arianoutsou, M. (2019). Assessing the impact of different landscape features on post-fire forest recovery with multitemporal remote sensing data: the case of Mount Taygetos (southern Greece). *International Journal of Wildland Fire*, 28(7), 521-532.
- Conen, F., Leifeld, J., Seth, B. & Alewell, C., (2006). Warming mineralises young and old soil carbon equally. *Biogeosciences*, 3:515–519.
- Çakıroğlu, K., (2011). Bartın İli Arıt Yöresindeki Kayın, Gökmar ve Gökmar-Kayın Mescerelerindeki Ölü Örtü Ayrışması ve Yıllık Yaprak Dökülmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, BÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 79 s.
- Çobanoğlu, H. & Şevik, H. (2021). Determination of Aluminum Accumulation in Atmosphere by Using Cedar Tree Annual Rings, *9th Global Conference on Environmental Studies (CENVISU-2021)*. October 14-16, 2021. Antalya, Turkey. p. 6.
- Çobanoğlu, H. & Şevik, H. (2021). The Usability of Tree Rings as a Biomonitor for Traffic Originated Baryum Concentrations in the Air. *6th International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'2021)*. November 26-27-28, 2021, Cappadocia/TURKEY. p.495.
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Elfstrand, M., Baturkin, D., Meshkova, V., & Menkis, A. (2021). Fungal Communities Vected by *Ips sexdentatus* in Declining *Pinus sylvestris* in Ukraine: Focus on Occurrence and Pathogenicity of Ophiostomatoid Species. *Insects*, 12(12), 1119.
- De Stefano, A. & Jacobson, MG (2018). Tarımsal ormancılık sistemlerinde toprak karbon tutumu: bir meta-analiz. *Tarımsal Ormancılık Sistemleri*, 92 (2), 285-299.
- Deluca, T.H. & Boisvenue, C., (2012). Boreal forest soil carbon: distribution, function and modelling. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 85, Issue 2, 1 April 2012, Pages 161–184.

- Deng, L., Peng, C., Kim, D. G., Li, J., Liu, Y., Hai, X., ... & Kuzyakov, Y. (2021). Drought effects on soil carbon and nitrogen dynamics in global natural ecosystems. *Earth-Science Reviews*, 214, 103501.
- Diaz-Ravina, M., Acea, M.J., & Carballas, T. (1995). Seasonal changes in microbial biomass and nutrient flush in forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, 19: 220-226.
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263(5144), 185-190. doi:10.5053/ekoloji.2011.812.
- Don, A., Hagen, C., Grüneberg, E., & Vos, C. (2019). Simulated wild boar bioturbation increases the stability of forest soil carbon. *Biogeosciences*, 16(21), 4145-4155.
- Dong, X. Y., Zhang, X. Q., Dai, X. L., Fu, F. T., Yang, X. Y., Liu, X. M., & Sun, S., (2014). Changes in soil microbial community composition in response to fertilization of paddy soils in subtropical China. *Appl Soil Ecol*, 84, pp. 140-147.
- Elahsadi, A.H.M. (2020). The Effectiveness of the Landscape Planning Process of the Bioclimatic Comfort Criteria; Example of Van Province. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Landscape Architecture, MSc Thesis, 64 pages
- Elsunousi AAM, Sevik H, Cetin M, Ozel HB & Uzun Ozel H (2021) Periodical and regional change of particulate matter and CO2 concentration in Misurata. *Environ Monit Assess* 193: 707 (2021). DOI: 10.1007/s10661-021-09478-0
- Erşimşek, M. (2021). Burdur-Aziziye Yöresi Doğal Karaçam Meşcereleri İçin Gövde Hacim Denklemelerinin Geliştirilmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 49 sayfa
- Ertekin, M., & Özel, H. B. (2010). Çorum yöresi erozyonla mücadele kapsamında yapılan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmaları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18), 77-85.
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, 191 (12), 737.
- Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
- Eruz, E. (1979). Toprak tuzluluğu ve bitkiler üzerindeki genel etkileri. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 29 (2), 112-120.

- Evrendilek F., Berberoğlu, S., Meydan ST., & Yılmaz E. (2006). Quantifying Carbon Budgets of Conifer Mediterranean Forest Ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119: 527–543.
- Fernández, S., Cotos-Yáñez, T., Roca-Pardiñas, J., & Ordóñez, C. (2018). Geographically weighted principal components analysis to assess diffuse pollution sources of soil heavy metal: application to rough mountain areas in Northwest Spain. *Geoderma*, 311, 120-129.
- Fernández-Alonso, MJ, Yuste, JC, Kitzler, B., Ortiz, C., & Rubio, A. (2018). Küresel değişime dayalı orman ardışıklığı ile ilişkili çöp kimyasındaki değişiklikler, toprak karbon ve azot döngülerinin zamana bağlı tepkileriyle sonuçlandı. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 120, 200-211.
- Fkiri, S., Mezni, F., Rigane, G., Ben Salem, R., Ghazghazi, H., Khouja, M. L., ... & Khaldi, A. (2021). Chemotaxonomic Study of Four Subspecies of *Pinus nigra* Arn. Grown in Common Garden Based on Essential Oil Composition. *Journal of Food Quality*, 2021.
- Flynn, T., De Clercq, W., Rozanov, A., & Clarke, C. (2019). High-resolution digital soil mapping of multiple soil properties: an alternative to the traditional field survey?. *South African Journal of Plant and Soil*, 36(4), 237-247.
- Garcia-Oliva F, Lancho JFG, Montano NM & Islas P (2006) Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. *Agroforestry Systems*, 66: 93–100.
- Gemici, B. T., Uçun Ozel, H., & Ozel, H. B. (2020). Adsorption behaviors of crystal violet from aqueous solution using Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold.): kinetic and equilibrium studies. *Separation Science and Technology*, 55(3), 406-414.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Qual Atmos Health* 15, 415-424 <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>
- Giles-Hansen, K. & Wei, X. (2022). Kümülatif bozulma, bölgesel ormanları önemli bir karbon kaynağına dönüştürür. *Çevre Araştırma Mektupları*, 17 (4), 044049.
- Gong, C., Tan, Q., Liu, G., & Xu, M. (2021). Forest thinning increases soil carbon stocks in China. *Forest Ecology and Management*, 482, 118812.
- Gross, C. D., James, J. N., Turnblom, E. C., & Harrison, R. B. (2018). Thinning treatments reduce deep soil carbon and nitrogen stocks in a coastal pacific northwest forest. *Forests*, 9(5), 238.
- Gruba, P., & Socha, J. (2019). Exploring the effects of dominant forest tree species, soil texture, altitude, and pH<sub>H2O</sub> on soil carbon stocks using generalized additive models. *Forest Ecology and Management*, 447, 105-114.

- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., & Guney, K. B. (2016b). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology, Dr. Susana Araújo. InTech, 2016b, 4, 97-112.
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H. & Guney K.B. (2016a). Influence of Germination Percentage and Morphological Properties of Some Hormones Practice on *Lilium martagon* L. Seeds. *Oxidation Communications*, 39 (1-II): 466-474
- Guo, X., Luo, Z., & Sun, O. J. (2021). Long-term litter type treatments alter soil carbon composition but not microbial carbon utilization in a mixed pine-oak forest. *Biogeochemistry*, 152(2), 327-343.
- Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Guney, K. & Sevik, H. (2021). The Effect of Hormone Treatments on Germination and Seedling Characters of Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(2): 62-69. doi: 10.47059/alinteri/V36I2/AJAS21115
- Gülçur, F., (1974). Topragın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. Kutulmuş Matbaası, İÜ Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I & Çimen, A.Ö. (2018). Resimli Türkiye Florası, Cilt 2. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları. İstanbul
- Güvendiren Gülsoy, A. D. (2009). The phylogenetic analysis of *Pinus nigra* arnold subspecies *pallasiana* varieties with respect to non-coding trn regions of chloroplast genome (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Hagenbo, A., Piñuela, Y., Castaño, C., de Aragón, J. M., de-Miguel, S., Alday, J. G., & Bonet, J. A. (2021). Production and turnover of mycorrhizal soil mycelium relate to variation in drought conditions in Mediterranean *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Quercus ilex* forests. *New Phytologist*, 230(4), 1609-1622.
- Halifu, S., Deng, X., Song, X., & Song, R. (2019). Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients, and fungal community of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* annual seedlings. *Forests*, 10(9), 758.
- Hansson, K., (2011). Impact of Tree Species on Carbon in Forest Soils. PhD Thesis. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- He, J., Yang, Y., Christakos, G., Liu, Y., & Yang, X. (2019). Assessment of soil heavy metal pollution using stochastic site indicators. *Geoderma*, 337, 359-367.
- Heitkamp, F., Ahrends, B., Evers, J., & Meesenburg, H. (2021). Spatial 3D mapping of forest soil carbon stocks in Hesse, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 184(6), 635-656.

- Hobbie, S. E., Reich, P. B., Oleksyn, J., Ogdahl, M., Zytkowskiak, R., Hale, C., & Karolewski, P., (2006). Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology*, 87(9), 2288-2297.
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and evolution*, 7 (23), 10018-10030.
- Hu, P., Zhang, W., Chen, H., Li, D., Zhao, Y., Zhao, J., ... & Wang, K. (2021). Kireçli topraklarda hem yönetilen hem de doğal bitki örtüsü restorasyonu altında artan sıcaklıkla toprak karbon birikimi. *Toplam Çevre Bilimi*, 767, 145298.
- Huang, X., Terrer, C., Dijkstra, F. A., Hungate, B. A., Zhang, W., & van Groenigen, K. J. (2020). New soil carbon sequestration with nitrogen enrichment: a meta-analysis. *Plant and Soil*, 454(1), 299-310.
- Ilvesniemi, H., Forsius M., Finér L., Holmberg M., Kareinen T., Lepistö A., Piirainen S., Pumpanen J., Rankinen K., Starr M., Tamminen P., Ukonmaanaho L. & Vanhala P., (2002). Carbon and nitrogen storages and fluxes in Finnish forest ecosystems. In: Käyhkö J. & Talve L. (eds.), *Understanding the global system. The Finnish perspective, The Finnish Global Change Research Programme FIGARE*, pp. 69–82.
- Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of Superior Clones By The Multi-Dimensional Decision Making Techniques in Scots Pine Seed Orchard, *Journal of Forests*, 8(1): 13-22
- IPCC, (2006). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme: Annex:2 Summary of Equations.  
[http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_14\\_An2\\_SumEua.pdf](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_14_An2_SumEua.pdf) 02/01/2016 tarihinde adresinden alınmıştır.
- Irmak, A., (1954). Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları. İÜ Yayın No. 559, Orman Fakültesi Yayın No. 27, İstanbul, 150 s.
- Isinkaralar K (2022a) Theoretical removal study of gas form BTEX onto activated carbon produced from *Digitalis purpurea* L. biomass. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02558-2>
- Isinkaralar K, Koc I, Erdem R & Sevik H (2022) Atmospheric Cd, Cr, and Zn Deposition in Several Landscape Plants in Mersin, Türkiye, *Water, Air, & Soil Pollution*, <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05607-8>
- Isinkaralar K. (2022b). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Rom Biotechnol Lett.*; 27(1): 3227-3236. DOI: 10.25083/rbl/27.7/3227-3236.
- Isinkaralar K. Erdem R (2021) Landscape Plants as Biomonitors for Magnesium Concentration in Some Species. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 29(2): 468-473.

- Isinkaralar, K. (2020). Removal of Formaldehyde and BTEX in Indoor Air Using Activated Carbon Produced from Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) Shell. Ph.D. Thesis Hacettepe University Institute of Science Department of Environmental Engineering. Ankara, Turkey.
- Isinkaralar, K. (2022c) Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape Ecol Eng* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>
- Işınkaralar, K. & Erdem, R. (2022). The effect of atmospheric deposition on potassium accumulation in several tree species as a biomonitor. *Environmental Research and Technology*, 5(1); 94-100 . DOI: 10.35208/ert.1026602
- Jaime, L., Batllori, E., Margalef-Marrase, J., Navarro, M. Á. P., & Lloret, F. (2019). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) mortality is explained by the climatic suitability of both host tree and bark beetle populations. *Forest Ecology and Management*, 448, 119-129.
- Jia, B., Jia, L., Mou, XM, Chen, J., Li, FC, Ma, QJ & Li, XG (2022). Çalıştırma, alpin çayır topraklarında toprak organik karbon mineralleşmesini ve sıcaklık duyarlılığını azaltır. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 108651.
- Johnson, D, W., (1992). Effects of Forest Management on Soil Carbon Storage. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64: 83-120, 1992.
- Kantarıcı, M.D., (2000). Toprak İlmi, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
- Kaplan, G., Turkoglu, M., Bodur, B., & Bayraktar, O. Y. (2022). Usage of recycled fine aggregates obtained from concretes with low w/c ratio in the production of masonry plaster and mortar. *Environment, Development and Sustainability*, 24(2), 2685-2714.
- Kara, Ö. & Bolat, İ., (2008). Soil microbial biomass C and N changes in relation to forest conversion in the northwestern Turkey. *Land Degradation and Development*, 19(4): 421–428.
- Kara, Ö., (2002). Kuzey Trakya Dağlık Yetisme Ortamı Bölgesinde Kayın, Meşe ve Karaçam Ormanlarındaki Toprak Mikrofunguslarının Mevsimsel Degisimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 140 s.
- Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K. & Öztürk, M., (2008). Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. *Biology and Fertility of Soils*, 45(2): 193–198.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyılmaz, A, & Cetin, M (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape Ecol Eng* 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>

- Karakuş, O. (2018). The Changes of Some Micromorphological Characters of Leaf in *Platanus orientalis* L. Individualas Grown Under Different Growth Conditions. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 63 pages
- Karaöz, M.Ö., (1991). Atatürk Arboretumu'ndaki bazı igne yapraklı plantasyonlarda ölü örtünün kimyasal özellikleri üzerine araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 41 (2), 69-86.
- Karatepe, Y., (2004). Gölcük (Isparta)'te Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) mescerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, Issn: 1302-7085: 1-16.
- Keçeci, H.B. (2019). Usability of blue spruce (*picea pungens* engelm) as biomonitor for monitoring some heavy metal. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 75 pages
- Keller, A.B., Reed, S.C., Townsend, A.R. & Cleveland, C.C., (2012). Effects of canopy tree species on belowground biogeochemistry in a lowland wet tropical forest. *Soil Biology & Biochemistry*, 58; 61-69.
- Kelly, J., Ibáñez, T. S., Santín, C., Doerr, S. H., Nilsson, M. C., Holst, T., ... & Kljun, N. (2021). Boreal forest soil carbon fluxes one year after a wildfire: Effects of burn severity and management. *Global Change Biology*, 27(17), 4181-4195.
- Kesik, H. I., Korkut, S., Hiziroglu, S., & Sevik, H. (2014). An evaluation of properties of four heat treated wood species. *Industrial Crops and Products*, 60, 60-65.
- Key, K., Koç, İ., Kulaç, Ş. & Şevik, H. (2021) Determination of the Air Pb Pollution in Kastamonu With The Help of *Picea pungens* Needles, *6nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'21)*, November 26-27-28, 2021, Cappadocia /Turkey. p. 497
- Khan, S., Naushad, M., Lima, E. C., Zhang, S., Shaheen, S. M., & Rinklebe, J. (2021). Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies—A review. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126039.
- Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B. & Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol.* 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
- Kim, S., Kim, C., Han, S. H., Lee, S. T., & Son, Y. (2018). A multi-site approach toward assessing the effect of thinning on soil carbon contents across temperate pine, oak, and larch forests. *Forest ecology and management*, 424, 62-70.

- Kiorapostolou, N., Galiano-Pérez, L., von Arx, G., Gessler, A., & Petit, G. (2018). Structural and anatomical responses of *Pinus sylvestris* and *Tilia platyphyllos* seedlings exposed to water shortage. *Trees*, 32(5), 1211-1218.
- Kiser, L.C., Kelly, J.M., & Mays, P.A., (2009). Changes in forest soil carbon and nitrogen after a thirty-year interval.73(2), *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73:647-653.
- Klingberg, J., Strandberg, B., Sjöman, H., Taube, M., Wallin, G., & Pleijel, H. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) accumulation in *Quercus palustris* and *Pinus nigra* in the urban landscape of Gothenburg, Sweden. *Science of the Total Environment*, 805, 150163.
- Klopatek, J. M., (2002). Belowground carbon pools and processes in different age stands of Douglas-fir. *Tree Physiology*, 22(2-3), 197-204.
- Koc, I., & Nzokou, P. (2018) Effects of water stress and cold treatments on the germination of two conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) species from Turkey. *Hortscience*, 53(9), 259-259.
- Koç, İ (2021e). Examining of seed germination rate and seedlings gas exchange performances of Anatolian black pine under water stress. International Karabakh Applied Science Conference. Khazar Univeristy, June 17-19, 2021. (Conference paper).
- Koç, İ (2021f). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605
- Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. Dissertation. Michigan State University.
- Koç, İ. (2021a). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886
- Koç, İ. (2021b) Changes That May Occur in Temperature, Rain, and Climate Types Due to Global Climate Change: The Example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554
- Koç, İ. (2021c) The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 706-719
- Koç, İ. (2021d). Examining Seed Germination Rate and Seedlings Gas Exchange Performances of Some Turkish Red Pine Provenances Under Water Stress. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9(3), 48-60.
- Koç, İ. & Nzokou, P. (2022). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*. (In press)

- Koç, İ., Nzokou, P. & Cregg B. (2021). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: Insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*. DOI: 10.1007/s11056-021-09894-7
- Kravkaz Kuscü, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018a). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27 (5). 2107-2112.
- Kravkaz-Kuscü, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (3), 1613-1617.
- Kuuluvainen, T., & Gauthier, S. (2018). Young and old forest in the boreal: critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *Forest Ecosystems*, 5(1), 1-15.. Young and old forest in the boreal: critical stages of ecosystem dynamics and management under global change. *Forest Ecosystems*, 5(1), 1-15.
- Laganiere, J., Angers, D. A., & Pare, D., (2010). Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global change biology*, 16(1), 439-453.
- Lal, R., (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123:1.
- Lebrun, M., Bouček, J., Bímová, K. B., Kraus, K., Haisel, D., Kulháněk, M., ... & Trakal, L. (2022). Biochar in manure can suppress water stress of sugar beet (*Beta vulgaris*) and increase sucrose content in tubers. *Science of The Total Environment*, 152772.
- Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G., & Six, J., (2009). Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3), 251-256.
- Leuschner, C., Wulf, M., Bauchler, P., & Hertel, D., (2013). Soil C and nutrient stores under Scots pine afforestations compared to ancient beech forests in the German Pleistocene: The role of tree species and forest history. *Forest Ecology and Management*, 310, 405-415.
- Li, H., Huo, Y., Weng, X., Zhou, Y., Sun, Y., Zhang, G., ... & Pei, J. (2022). Regulation of the growth of Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) by calcium-water coupling in a semiarid region. *Ecological Indicators*, 137, 108736.
- Li, X., Jin, H., Wang, H., Wu, X., Huang, Y., He, R., ... & Jin, X. (2020). Kuzey Da Xing'anling (Hinggan) Dağları, NE Çin'deki orman yangınlarından etkilenen permafrost bölgelerinde toprak karbonu ve besinlerin dağılım özellikleri. *Catena*, 185, 104304.
- Liu, B., Wang, S., Wang, J., Zhang, X., Shen, Z., Shi, L., & Chen, Y. (2020). The great potential for phytoremediation of abandoned tailings pond using

- ectomycorrhizal *Pinus sylvestris*. *Science of the Total Environment*, 719, 137475.
- Liu, Shun., Luo D., Liu Q., Zhang L., Yang H., & Shi Z., (2017). Carbon and nitrogen storage and distribution in different forest ecosystems in the subalpine of western Sichuan. *Acta Ecologica Sinica* 2017-04.
- Liu, X, et al. (2018). Tree species richness increases ecosystem carbon storage in subtropical forests. *Proc. R. Soc. B* 285: 20181240. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2018.1240>.
- Liu, X., Yang, T., Wang, Q., Huang, F., & Li, L. (2018). Dynamics of soil carbon and nitrogen stocks after afforestation in arid and semi-arid regions: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 618, 1658-1664.
- López-Marcos, D., Martínez-Ruiz, C., Turrión, M. B., Jonard, M., Titeux, H., Ponette, Q., & Bravo, F. (2018). Soil carbon stocks and exchangeable cations in monospecific and mixed pine forests. *European Journal of Forest Research*, 137(6), 831-847.
- Lucas-Borja, M. E., Bose, A. K., Andivia, E., Candel-Pérez, D., Plaza-Álvarez, P. A., & Linares, J. C. (2021). Assessing tree drought resistance and climate-growth relationships under different tree age classes in a *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* forest. *Forests*, 12(9), 1161.
- Lucas-Borja, M. E., Jing, X., Candel-Perez, D., Parhizkar, M., Rocha, F., Heydari, M., ... & Zema, D. A. (2022). Afforestation with *Pinus nigra* Arn ssp *salzmannii* along an elevation gradient: controlling factors and implications for climate change adaptation. *Trees*, 36(1), 93-102.
- Lukić, S., Pantić, D., Simić, S. B., Borota, D., Tubić, B., Djukić, M., & Djunisijević-Bojović, D., (2015). Effects of black locust and black pine on extremely degraded sites 60 years after afforestation-a case study of the Grdelica Gorge (southeastern Serbia). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(2), 235.
- Lukina, N., Kuznetsova, A., Tikhonova, E., Smirnov, V., Danilova, M., Gornov, A., ... & Knyazeva, S. (2020). Linking forest vegetation and soil carbon stock in northwestern Russia. *Forests*, 11(9), 979.
- Mahia, J., Perez Ventura, L., Cabaneiro, A. & Diaz-Ravina, M., (2006). Soil microbial biomass under pine forest in the north-wester Spain: influence of stand age, site index and parent material. *Investigaciones Agrarias: Sistemas y Recursos Forestales*, 15 (2):152-159.
- Mao, R., Zeng, D.H., Hu, Y.L., Li, L.J., & Yang, D., (2010). Soil organic carbon and nitrogen stocks in an age-sequence of poplar stands planted on marginal agricultural land in Northeast China. *Plant Soil*. 332: 277–287.
- Marcos-Martinez, R., Bryan, B. A., Schwabe, K. A., Connor, J. D., Law, E. A., Nolan, M., & Sánchez, J. J. (2019). Projected social costs of CO2 emissions from forest

- losses far exceed the sequestration benefits of forest gains under global change. *Ecosystem services*, 37, 100935.
- Markewitz, D., Sartori, F., & Craft, C., (2002). Soil change and carbon storage in longleaf pine stands planted on marginal agricultural lands. *Ecol Appl.* 12:1276–1285.
- Marland, G., McCarl, B.A. & Schneider, U., (2001). Soil carbon: Policy and economics. *Clim. Change.* 51:101–117.
- Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J., & Díez, S. (2017). Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. *Environmental research*, 154, 380-388.
- Martínez-García, E., Nilsson, MB, Laudon, H., Lundmark, T., Fransson, JE, Wallerman, J., & Peichl, M. (2022). Overstory dinamikleri, yönetilen bir boreal orman manzarası boyunca orman tabanındaki CO<sub>2</sub> akışlarındaki uzamsal değişkenliği düzenler. *Tarım ve Orman Meteorolojisi*, 318, 108916.
- McFarlane, K.J., Schoenholtz, S.H., Powers, R.F., & Perakis, S.S., (2009). Soil Organic Matter Stability in Intensively Managed Ponderosa Pine Stands in California. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:979–992.
- Meena, VS, Mondal, T., Pandey, BM, Mukherjee, A., Yadav, RP, Choudhary, M., ... & Pattanayak, A. (2018). Arazi kullanımını değişiklikleri: Hindistan, Himalaya orta ekosisteminde toprak karbon ve azot depolama modelini iyileştirme stratejileri. *Geoderma*, 321, 69-78.
- Melek, T. (2020). Evaluation of Some Soil Characteristics in Devrekani Agricultural Soil With The Help of Geographical Information Systems, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MSc Thesis, 70 pages
- Mersin, K., Bayirhan, I., & Gazioglu, C. (2019). Review of CO<sub>2</sub> emission and reducing methods in maritime transportation. *Thermal science*, 23(Suppl. 6), 2073-2079.
- Mubyana-John, T., & Masamba, W.R.L., (2014). Soil Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Sulphur as Affected By Different Land Uses in Seronga, Okavango Delta, Botswana. *British Journal of Environment & Climate Change*, 3(4), 628-639.
- Mujtaba, M., Yilmaz, B. A., Cansaran-Duman, D., Akyuz, L., Yangin, S., Kaya, M., ... & Khawar, K. M. (2022). Newly isolated sporopollenin microcages from *Cedrus libani* and *Pinus nigra* as carrier for Oxaliplatin; xCELLigence RTCA-based release assay. *Polymer Bulletin*, 79(1), 519-540.
- Murthuza, K. M., Surumbarkuzhali, N., Narasimhan, C. L., Thirukumaran, V., Chandrasekaran, A., Ganesh, D., & Ravisankar, R. (2022). Magnetic and soil parameters as a potential indicator of soil pollution in the district of Tiruvannamalai, Tamil Nadu, India. *Environmental Earth Sciences*, 81(3), 1-12.

- Nave, L.E., Vance, E.D., Swanston, C.W. & Curtis, P.S., (2010). Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *For. Ecol. Manage.* 259:857– 866. doi:10.1016/j.foreco.2009.12.009.
- Nottingham, A. T., Meir, P., Velasquez, E., & Turner, B. L. (2020). Soil carbon loss by experimental warming in a tropical forest. *Nature*, 584(7820), 234-237.
- Nwachukwu, C. M., Wang, C., & Wetterlund, E. (2021). Exploring the role of forest biomass in abating fossil CO<sub>2</sub> emissions in the iron and steel industry—The case of Sweden. *Applied Energy*, 288, 116558.
- Oliveira, F. C., Bacon, A., Fox, T. R., Jokela, E., Kane, M., Martin, T. A., ... & Markewitz, D. (2022). A Regional Assessment of Permanganate Oxidizable Carbon for Potential Use as a Soil Health Indicator in Managed Pine Plantations. *Available at SSRN 4069694*.
- Olsson, S., Lorenzo, Z., Zabal-Aguirre, M., Piotti, A., Vendramin, G. G., González-Martínez, S. C., & Grivet, D. (2021). Evolutionary history of the Mediterranean *Pinus halepensis-brutia* species complex using gene-resequencing and transcriptomic approaches. *Plant Molecular Biology*, 106(4), 367-380.
- Oubrahim, H., Boulmane, M., Bakker, M. R., Augusto, L., & Halim, M. (2015). Carbon storage in degraded cork oak (*Quercus suber*) forests on flat lowlands in Morocco. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 125.
- Ozel H.B., Varol, T., Emir, T. & Sevik, H. (2021a). Effects of Extraction from Compartment on Soil Enzymes. *American Journal of Engineering Research*. 10(2): 115-121.
- Ozel HB, Cetin M, Sevik H, Varol T, Isik B & Yaman B (2021c) The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura* (2021). <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
- Ozel, H, Şevik, H, Kaptan, S & Varol, T. (2021h). Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Bireylerinde Farklı Alana Geliş Şekillerine Göre Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Arasındaki Farklılıkların İncelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 636-641. DOI: 10.24011/barofd.958446
- Ozel, H. B., Donduran, B., Cakmakli, E., & Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) In Kas region of Antalya. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6 (2), 054-059.
- Ozel, H. B., Donduran, V., Şevik, H., Bilir, N., & Varol, T. (2021b). Investigation on sand-dune afforestation by Eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill) in Patara-Antalya region. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 34-39.
- Ozel, H. B., Sen, M. & Sevik, H. (2021g) Change of Ba concentration by species and organ in several fruits grown in city centers, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(03), 143–150, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.3.0681>

- Ozel, H. B., Varol, H.N. &Sevik, H. (2021e) Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(01), 447–453, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.1.0551>
- Ozel, H.B., Abo Aisha, A.E.S., Cetin, M. Sevik, H. & Zeren Cetin, I. (2021d). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environ Monit Assess* 193, 388. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09178-9>
- Ozel, H.B., Varol, H.N. & Sevik, H. (2021f) The Change of Mn Concentration by Organ and Species in Several Edible Plants. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. 29(2): 474-480
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (11), 645.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. & Kaptan, H., (2001). *Toprak Bilimi. ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A-16, 5. Baskı, Adana, 816 s.*
- Özel, H. B., & Ertekin, M. (2010). Devrek-Akçasu Yöresinde Yapılan Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaçlandırmalarının Büyüme Yönünden Değerlendirilmesi. *Ecological Life Sciences*, 5(1), 35-49.
- Özgövcikli, F. (2020). Investigation of Soil Efficiency in Agricultural Areas of Kastamonu Province Devrekani District, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 65 pages
- Palanivelu, K., Ramachandran, A., & Raghavan, V. (2021). Biochar from biomass waste as a renewable carbon material for climate change mitigation in reducing greenhouse gas emissions—a review. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(5), 2247-2267.
- Patra, A., Sharma, VK, Nath, DJ, Dutta, A., Purakaastha, TJ, Kumar, S., ... & Kumawat, C. (2022). Entegre besin yönetiminin, asidik inceptisol altında pirinç ve toprak kalitesinin sürdürülebilir verim indeksi üzerindeki uzun vadeli etkisi. *Tarlabilim ve Toprak Bilimi Arşivleri*, 1-18.
- Picchio, R., Tavankar, F., Rafie, H., Kivi, A. R., Jourgholami, M., & Lo Monaco, A. (2022). Carbon Storage in Biomass and Soil after Mountain Landscape Restoration: *Pinus nigra* and *Picea abies* Plantations in the Hyrcanian Region. *Land*, 11(3), 422.
- Pires, J. C. M. (2019). Negative emissions technologies: a complementary solution for climate change mitigation. *Science of the Total Environment*, 672, 502-514.

- Pirsaheb, M., Almasi, A., Sharafi, K., Jabari, Y., & Haghghi, S. (2016). A comparative study of heavy metals concentration of surface soils at metropolis squares with high traffic-A case study: kermanshah, Iran (2015). *Acta Medica*, 32, 891.
- Przybylski, P., Tereba, A., Meger, J., Szyg-Borowska, I., & Tyburski, Ł. (2022). Conservation of Genetic Diversity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in a Central European National Park Based on cpDNA Studies. *Diversity*, 14(2), 93.
- Pyhäjärvi, T., Kujala, S. T., & Savolainen, O. (2020). 275 years of forestry meets genomics in *Pinus sylvestris*. *Evolutionary Applications*, 13(1), 11-30.
- Ribeiro, K., Pacheco, F. S., Ferreira, J. W., de Sousa-Neto, E. R., Hastie, A., Krieger Filho, G. C., ... & Ometto, J. P. (2021). Tropical peatlands and their contribution to the global carbon cycle and climate change. *Global change biology*, 27(3), 489-505.
- Sartori, F., Lal, R., Ebinger, M.H, & Eaton, J.A., (2007). Changes in soil carbon and nutrient pools along a chronosequence of poplar plantations in the Columbia Plateau, Oregon, USA. *Agr Ecosyst Environ*, 122:325–339.
- Satti, P., Mazzarino, M.J., Gobbi, M., Funes, F., Roselli, L. & Fernandez, H. (2003). Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. *Journal of Ecology*, 91: 173-181.
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K. Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environ Sci Pollut Res* (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Schauvlieghe, M., & Lust, N. (1999). Carbon accumulation and allocation after afforestation of a pasture with pine oak (*Quercus palustris*) and ash (*Fraxinus excelsior*), *Silva Gandevensis*, 64, 72-81.
- Schlesinger, W., & Lichter, J., (2001). Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature*, 411, 466–469.
- Settineri, G., Mallamaci, C., Mitrović, M., Sidari, M., & Muscolo, A. (2018). Effects of different thinning intensities on soil carbon storage in *Pinus laricio* forest of Apennine South Italy. *European Journal of Forest Research*, 137(2), 131-141.
- Sevgi, O., Makineci, E., & Karaöz, O. (2011). The forest and mineral soil carbon pools of six different forest tree species. *Ekoloji*, 20(81):8-14.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf). *African Journal of Biotechnology*, 11 (23), 6389-6395.
- Sevik, H. (2021). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.

- Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 689-693.
- Sevik, H., & Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 294-299.
- Sevik, H., & Karaca, U. (2016). Determining the resistances of some plant species to frost stress through ion leakage method. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 25(8), 2745-2750.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020c). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020a). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019d). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 5909-5921.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., & Aktar, G. (2012a). Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1057-1064.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (2), 189-195.

- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2011). Analysis of seed characteristics from 17 different populations in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf. In *Proceedings of the 10th International Christmas Tree Research & Extension Conference* (pp. 18-24).
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012b). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. *Chapter, 12*, 231-248.
- Sheikh, M. A., Kumar, M., Todaria, N. P., & Pandey, R. (2020). Biomass and soil carbon along altitudinal gradients in temperate *Cedrus deodara* forests in Central Himalaya, India: Implications for climate change mitigation. *Ecological Indicators, 111*, 106025.
- Shults, P., Nzokou, P., & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 117*(2), 261-272.
- Shults, P., Nzokou, P. & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems, 117*(2), 261-272.
- Simm, G., Chuchała, D., Orłowski, K. A., & Taube, P. (2020). Cutting model parameters from frame sawing of natural and impregnated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *European Journal of Wood and Wood Products, 78*(4), 777-784.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant Soil, 241*:155-176.
- Sokol, NW & Bradford, MA (2019). Kararlı toprak karbonunun mikrobiyal oluşumu, yeraltından, yer üstü girdisine göre daha verimlidir. *Doğa Jeolojisi, 12* (1), 46-53.
- Song, L., Zhu, J., Zheng, X., Wang, K., Zhang, J., Hao, G., ... & Liu, J. (2022). Comparison of canopy transpiration between *Pinus sylvestris* var. *mongolica* and *Pinus tabulaeformis* plantations in a semiarid sandy region of Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology, 314*, 108784.
- Sothe, C., Gonsamo, A., Arabian, J., Kurz, W. A., Finkelstein, S. A., & Snider, J. (2022). Large soil carbon storage in terrestrial ecosystems of Canada. *Global Biogeochemical Cycles, 36*(2), e2021GB007213.
- Stendahl, J., Johansson, M. B., Eriksson, E., Nilsson, A., & Langvall, O. (2010). Soil organic carbon in Swedish spruce and pine forests-differences in stock levels and regional patterns. *Silva Fennica, 44*(1), 5-21.
- Şahin, E. (2019). Erzurum Yöresindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaçlandırmalarında yetiştirme ortamı koşullarının büyüme üzerindeki etkileri.

- Şevik, H. (2005) Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Meşcerelerinde Populasyonlar Arası Farklılıklar, G.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi
- Şevik, H. (2011). Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknarı Populasyonlarının Belirlenmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 11(1). 102-107
- Şevik, H., Işınkaralar, K., Erdem R. & Türkyılmaz, A. (2021). Kentsel Alanlarda Havadaki Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Biyomonitörlerin Kullanımı, Kent Araştırmaları, Ed. Şenay Güngör, Fatih Adıgüzel, ISBN: 978-625-7606-34-9. Pp: 213-226
- Tabakova, M. A., Arzac, A., Martínez, E., & Kirilyanov, A. V. (2020). Climatic factors controlling *Pinus sylvestris* radial growth along a transect of increasing continentality in southern Siberia. *Dendrochronologia*, 62, 125709.
- Tahmaz, C., (2016). Mineral toprak ve orman yüzeyindeki (ölü örtü) depolanan karbona ağaç türlerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu.
- Tate, K.R., Ross, D.J., O'Brien B.J., & Kelliher, F.M., (1993). Carbon Storage and Turnover, and Respiratory Activity, In The Litter and Soil of An Old-Growth Southern Beech (*Nothofagus*) Forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 25:1601-1612.
- Tian, Y., Haibara, K., Toda, H., Ding F, Liu Y & Choi, D., (2008). Microbial biomass and activity along a natural pH gradient in forest soils in a karst region of the upper Yangtze River, China. *Journal of Forest Research*, 13: 205–214.
- Tolunay, D., & Çömez, A., (2007). Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu, 13-14 Aralık, İstanbul.
- Tolunay, D., & Çömez, A., (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim, pp: 750-765, Hatay.
- Tolunay, D., (2011). Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3), 265-279.
- Tomlinson, R.W., (2005). Soil carbon stocks and changes in the Republic of Ireland. *J Environ Manage*. 76(1):77-93.
- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016a). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pak. J. Bot*, 48 (2), 447-453.

- Topacoglu, O., Sevik, H., Guney, K., Unal, C., Akkuzu, E., & Sivacioglu, A. (2016b). Effect of rooting hormones on the rooting capability of *Ficus benjamina* L. cuttings. *Šumarski list*, 140 (1-2), 39-44.
- Toulotte, J. M., Pantazopoulou, C. K., Sanclemente, M. A., Voesenek, L. A., & Sasidharan, R. (2022). Water stress resilient cereal crops: lessons from wild relatives. *Journal of Integrative Plant Biology*.
- Tsakaldimi, M., Giannaki, P., Ivetić, V., Kapsali, N., & Ganatsas, P. (2021). Fertilization and Shading Trials to Promote *Pinus nigra* Seedlings' Nursery Growth under the Climate Change Demands. *Sustainability*, 13(6), 3563.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22 (3), 2385-2398.
- Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (5), 5122-5130.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14 (1):115–120.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. & Ahmaida Saleh E. A. (2018c). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27 (5):2277–2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018a). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578.
- Türkyılmaz A, Şevik H & Işınkaralar K, (2018). Investigation of Heavy Metal Accumulation in the Black Pine Needles. *Ecology Symposium 2017*. p.196. 11-13 May, Kayseri Turkey
- Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.
- Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 594.
- UNFCCC, (1998). <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> Erişim 06/08/2018 tarihinde United Nations, 1998 kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change, Annex A, Greenhouse Gases, Pg:20.

Upadhyaya, K., Arunachalam, K. & Arunachalam, A., (2004). Microbial C, N and P in Soils of *Phyllostachys bambusoides* plantation and *Pinus roxburghii* forest in Arunachal Pradesh, India. *Journal of Tropical Forest Science*, 16(2): 260–264.

URL-1: <http://www.agaclar.net/agaclarnet/agaclurleri/saricam.htm> 31/03/2022

URL-2: [https://cdn.pixabay.com/photo/2019/03/26/23/20/pinus-sylvestris-4083924\\_960\\_720.jpg](https://cdn.pixabay.com/photo/2019/03/26/23/20/pinus-sylvestris-4083924_960_720.jpg) 31/03/2022

URL-3:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b5/Pinus\\_sylvestris\\_sto%C5%BCKi\\_wzrostu\\_611.jpg/800px-Pinus\\_sylvestris\\_sto%C5%BCKi\\_wzrostu\\_611.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b5/Pinus_sylvestris_sto%C5%BCKi_wzrostu_611.jpg/800px-Pinus_sylvestris_sto%C5%BCKi_wzrostu_611.jpg) 31/03/2022

URL-4: <https://kocaelibitkileri.com/pinus-sylvestris-var-hamata/> 31/03/2022

URL-5: <https://www.botanikladin.com.tr/bitki-katalogu/agaclar/karacam/> 31/03/2022

URL-6: <https://www.ornamental-trees.co.uk/pinus-nigra-p972> 31/03/2022

URL-7: <http://www.euforgen.org/species/pinus-nigra/> 31/03/2022

Vacek, Z., Linda, R., Cukor, J., Vacek, S., Šimůnek, V., Gallo, J., & Vančura, K. (2021). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites?. *Forest Ecology and Management*, 485, 118951.

Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB & Sevik H (2021a) Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*. *Forest Ecology and Management* 491 (2021) 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199

Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H. & Zeren Cetin, I. (2022). The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollut* 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>

Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., & Çetin, M. (2019). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 825-839.

Varol, T., Gormus, S., Cengiz, S., Ozel, H. B., & Cetin, M. (2019). Determining potential planting areas in urban regions. *Environmental monitoring and assessment*, 191(3), 1-14.

Varol, T., Ozel, H. B., Ertugrul, M., Emir, T., Tunay, M., Cetin, M., & Sevik, H. (2021b). Prediction of soil-bearing capacity on forest roads by statistical approaches. *Environmental monitoring and assessment*, 193(8), 527.

- Vaughan, E., Matos, M., Ríos, S., Santiago, C., & Marín-Spiotta, E. (2019). Clay and climate are poor predictors of regional-scale soil carbon storage in the US Caribbean. *Geoderma*, 354, 113841.
- Vecchi, G. A., Delworth, T. L., Murakami, H., Underwood, S. D., Wittenberg, A. T., Zeng, F., ... & Yang, X. (2019). Tropical cyclone sensitivities to CO<sub>2</sub> doubling: Roles of atmospheric resolution, synoptic variability and background climate changes. *Climate Dynamics*, 53(9), 5999-6033.
- Vek, V., Poljanšek, I., Humar, M., Willför, S., & Oven, P. (2020). In vitro inhibition of extractives from knotwood of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and black pine (*Pinus nigra*) on growth of *Schizophyllum commune*, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum* and *Fibroporia vaillantii*. *Wood Science and Technology*, 54(6), 1645-1662.
- Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Callesen, I., Nilsson, L.O., & Gundersen, P., (2008). Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. *Forest Ecology and Management*, 255, 35–48.
- Wan, X., Xiao, L., Vadeboncoeur, M. A., Johnson, C. E., & Huang, Z. (2018). Response of mineral soil carbon storage to harvest residue retention depends on soil texture: a meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 408, 9-15.
- Wang, H., Wu, J., Li, G., & Yan, L. (2020). Changes in soil carbon fractions and enzyme activities under different vegetation types of the northern Loess Plateau. *Ecology and Evolution*, 10(21), 12211-12223.
- Wang, J. J., Bowden, R. D., Lajtha, K., Washko, S. E., Wurzbacher, S. J., & Simpson, M. J. (2019). Long-term nitrogen addition suppresses microbial degradation, enhances soil carbon storage, and alters the molecular composition of soil organic matter. *Biogeochemistry*, 142(2), 299-313. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10533-018-00535-4>
- Wang, J., Zou, Y., Di Gioia, D., Singh, B. K., & Li, Q. (2020). Conversion to agroforestry and monoculture plantation is detrimental to the soil carbon and nitrogen cycles and microbial communities of a rainforest. *Soil Biology and Biochemistry*, 147, 107849.
- Wang, M., Janssen, A. B., Bazin, J., Strokal, M., Ma, L., & Kroeze, C. (2022). Accounting for interactions between Sustainable Development Goals is essential for water pollution control in China. *Nature communications*, 13(1), 1-13.
- Wikiwand (2022). [https://www.wikiwand.com/en/Pinus\\_sylvestris](https://www.wikiwand.com/en/Pinus_sylvestris)
- Woś, B., Pająk, M., & Pietrzykowski, M. (2022). Soil Organic Carbon Pools and Associated Soil Chemical Properties under Two Pine Species (*Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn.) Introduced on Reclaimed Sandy Soils. *Forests*, 13(2), 328.

- Xu, C., Xiang, W., Gou, M., Chen, L., Lei, P., Fang, X., ... & Ouyang, S. (2018). Effects of forest restoration on soil carbon, nitrogen, phosphorus, and their stoichiometry in Hunan, southern China. *Sustainability*, 10(6), 1874.
- Xu, M.G., Lou, Y.L., Sun, X.L., Wang, W., Baniyamuddin, M., & Zhao, K., (2011). Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. *Biology and Fertility of Soils*, 47: 745-752.
- Yan, J., Wang, L., Hu, Y., Tsang, Y. F., Zhang, Y., Wu, J., ... & Sun, Y. (2018). Plant litter composition selects different soil microbial structures and in turn drives different litter decomposition pattern and soil carbon sequestration capability. *Geoderma*, 319, 194-203.
- Yang, C., Ni, H., Zhong, Z., Zhang, X., & Bian, F. (2019). Changes in soil carbon pools and components induced by replacing secondary evergreen broadleaf forest with Moso bamboo plantations in subtropical China. *Catena*, 180, 309-319.
- Yang, L., Wang, Y., Wen, S., Liu, Y., Du, M., Hao, J., & LI, Z., (2014). Carbon and nitrogen storage and distribution in four forest ecosystems in Liupan Mountains, northwestern China, *Acta Ecologica Sinica*, Vol.35 No.15.
- Yigit N, Öztürk A. & Sevik H. (2014). Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 2014; 3 (12): 558-562.
- Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018). The Change in Some Leaf Micromorphological Characters of *Prunus laurocerasus* L. Species by Their Habitat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (11), 1517-1521.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of Stomatal Characteristics in Broad Leaved Species Based on Habitat. *Applied Ecology and Environmental Research* 17 (6):12859-12868.
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M. & Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3): 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016b). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry*, 35 (7), 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016a). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.
- Yuan, X., Cui, J., Lin, K., Liu, CC, Zhou, J., Zhang, Q., ... & Chen, Y. (2022). Subtropikal *Pinus taiwanensis* ormanlarında azot ilavesinin toprak bazı

çözünmüş organik maddenin konsantrasyonu ve bileşimi üzerindeki etkileri. *Topraklar ve Tortular Dergisi*, 1-14.

Yucedag, C., Cetin, M., Ozel, H. B., Aisha, A. E. S. A., Alrabiti, O. B. M., & Jama, A. M. O. A. (2021). The impacts of altitude and seed pretreatments on seedling emergence of Syrian juniper (*Juniperus drupacea* (Labill.) Ant. et Kotschy). *Ecological Processes*, 10(1), 1-6.

Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental monitoring and assessment*, 191(5), 1-4.

Zhang, H., Deng, Q., Hui, D., Wu, J., Xiong, X., Zhao, J., ... & Zhang, D. (2019). Bozulmuş tropik arazilerde 56 yıllık orman restorasyonundan sonra toprak karbon stoğunda geri kazanım ancak karbon stabilizasyonunda azalma. *Orman Ekolojisi ve Yönetimi*, 441, 1-8.

Zhang, Y., Griffith, B., Granger, S., Sint, H., & Collins, A. L. (2022). Tackling unintended consequences of grazing livestock farming: Multi-scale assessment of co-benefits and trade-offs for water pollution mitigation scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 130449.

Zhou, G., Liu, S., Li, Z., Zhang, D., Tang, X., & Zhou, C. (2006). Old-growth forests can accumulate carbon in soils. *Science*, 314, 1417.

Zhou, Z., Wang, C., Jin, Y., & Sun, Z. (2019). Impacts of thinning on soil carbon and nutrients and related extracellular enzymes in a larch plantation. *Forest Ecology and Management*, 450, 117523.