



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI  
TOPRAK BİLİMİ**

**BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLİ OLARAK ARAZİ  
KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN TOPRAK  
ORGANİK KARBON STOĞUNA ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Merve YILMAZ**

Danışman  
**Prof. Dr. Orhan DENGİZ**

**SAMSUN**  
**2021**

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLİ OLARAK ARAZİ  
KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN TOPRAKORGANİK  
KARBON STOĞUNA ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Merve YILMAZ**

Danışman  
**Prof. Dr. Orhan DENGİZ**

**SAMSUN**  
**2021**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Merve YILMAZ tarafından, Prof. Dr. Orhan DENGİZ danışmanlığında hazırlanan “Bazı Toprak Özellikleri İle İlişkili Olarak Arazi Kullanımı Ve Arazi Örtüsünün Toprak Organik Karbon Stoğuna Etkisi” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 16.02.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Teziolarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı	Üniversitesi	Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr.Coşkun Gülser				<input type="checkbox"/> Kabul
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı				<input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr.Orhan Dengiz				<input type="checkbox"/> Kabul
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı				<input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi İnci Demirağ				<input type="checkbox"/> Kabul
	Samsun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Coğrafya Anabilim Dalı				<input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüriüyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ... Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza 16/02/2021

Merve YILMAZ

## **TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI**

TEZ BAŞLIĞI: BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLİ OLARAK ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN TOPRAK ORGANİK KARBON STOĞUNA ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25/12/2020 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

25 /12/ 2020

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

## ÖZET

### BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE İLİŞKİLİ OLARAK ARAZİ KULLANIMI VE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN TOPRAK ORGANİK KARBON STOĞUNA ETKİSİ

Merve YILMAZ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans, Şubat/2021  
Danışman: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Toprak organik karbon (TOK) stoğunun mekânsal dağılımını etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi, TOK stok tahminlerinin doğruluğunu artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın temel amacı, Samsun ilinin Vezirköprü ilçesinin 111 km<sup>2</sup>'lik kısmını kaplayan alanda arazi kullanımı-arazi örtüsünün TOK stoğu üzerindeki etkilerini belirlemektir. Çalışma alanının arazi kullanımını ve arazi örtüsünü belirlemek için Triplesat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Orman, mera, yerleşim ve tarım arazileri olmak üzere dört ana arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki çalışma alanında bazı toprak özelliklerinin ve arazi kullanımının-arazi örtüsünün istatistiksel olarak önemli düzeyde TOK yoğunluğunun mekânsal değişimini etkilediği belirlenmiştir. Çalışma alanında TOK stok miktarı yüzey topraklarında (0-20 cm) 4.79 ile 94.10 ton ha<sup>-1</sup> arasında, yüzey altı topraklarında (20-40 cm) ise 5.16 ile 8.86 ton ha<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Farklı arazi kullanımları arasında en yüksek TOK stoğu miktarının yüzey toprağında 53.356 ton ha<sup>-1</sup> ile ormanlık alanlarda iken, en düşük TOK stoğu miktarının ise 34.048 ton ha<sup>-1</sup> ile tarla bitkileri ekili alanlarda olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Toprak organik karbonu, arazi kullanımı, arazi örtüsü, toprak fiziko kimyasal özellikleri.

## ABSTRACT

### LAND USE AND LAND COVER ON SOIL ORGANIC CARBON STOCK INRELATION TO SOME SOIL PROPERTIES

Merve YILMAZ  
Ondokuz Mayıs University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Soil Science and Plant Nutrition  
Master, February/2021  
Supervisor: Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Identifying the primary factors influencing spatial distribution of soil organic carbon (SOC) stock is critical for improving the accuracy of soil organic carbon stock estimation. The primary objective of the current study is to determine the effects of land use-land cover on SOC in Vezirköprü district of Samsun province that covers about 111 km<sup>2</sup>. To determine land use and land cover of the study area, Triplesat satellite image was used. Four main land use and land cover that are forest, pasture, settlement and cultivated land were determined. According to results, it was found statistically significant between some soil properties and land use-land cover influenced spatial variation of SOC density in the study area. It was determined between 4.79 and 94.10 ton ha<sup>-1</sup> in surface soil (0-20 cm) while it was found 5.16 and 8.86 ton ha<sup>-1</sup> in subsurface soils (20-40 cm). In addition, the highest SOC stock was found in forested lands with 53.356 ton ha<sup>-1</sup> while the lowest SOC stock was 28.91 ton ha<sup>-1</sup> in field crops cultivated lands.

**Keywords:** Soil organic carbon, land use-land cover, soil physico chemical properties.

# İÇİNDEKİLER

<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>8</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER VE KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>4</b>
2.1. Toprak Organik Karbonu.....	4
2.2. Toprak Organik Karbonuna Etki Eden Fonksiyonlar.....	6
2.3. Toprak Organik Karbonunun Etkilediği Fonksiyonlar.....	6
2.4. Toprak Organik Karbonunun Farklılık Göstermesindeki Sebepler.....	7
2.5. Türkiye’de ve Dünya’da Toprak Organik Karbon Durumu.....	7
2.6. Toprak Organik Karbonunun Önemi.....	10
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>18</b>
3.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri.....	18
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Örnekleme Planı ve Toprak Örneklerinin Alınması.....	23
3.2.2. Laboratuvar Çalışması.....	24
3.2.3. Tanımlayıcı İstatistik Yöntemleri.....	26
3.2.4. Jeostatistik ve Haritalama İşlemleri.....	26
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>28</b>
4.1. Tanımlayıcı İstatistik.....	28
4.1.1. Yüzey (0-20 cm) Toprak Örnekleri.....	28
4.1.2. Yüzey Altı (20-40 cm) Toprak Örnekleri.....	29
4.1.3. Toprak Özellikleri ve TOK Değerlerinin Enterpolasyon Analizleri.....	30
4.2. Yüzey ve Yüzey Altı Toprak Özelliklerinin TOK Konumsal Dağılımları.....	34
4.2.1. Toprakların Organik Madde Dağılımı.....	34
4.2.2. Toprakların Organik Karbon Dağılımı.....	37
4.2.3. Toprakların Silt Dağılımı.....	39
4.2.4. Toprakların kum dağılımı.....	42
4.2.5. Toprakların Kil Dağılımı.....	44
4.2.6. Toprakların pH dağılımı.....	46
4.2.7. Toprakların Kireç Dağılımı.....	48
4.2.8. Toprakların EC Dağılımı.....	51
4.2.9. Toprakların Hacim Ağırlığı Dağılımı.....	53
4.2.10. TOK Stok Dağılımı.....	56
4.3. Toprakların Fiziko-Kimyasal ve TOK Değerlerine Ait Korelasyon Analizi.....	59
4.4. TOK Değerleri ve Arazi Kullanımı ile Arazi Örtüsü Arasındaki İstatistiksel Durum.....	61
<b>5. SONUÇ</b> .....	<b>64</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>66</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ</b> .....	<b>72</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

Pg	Petagram
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Ca <sup>+2</sup>	Kalsiyum
m	Metre
cm	Santimetre
dS	Desi Siemens
gr	Gram
Mg <sup>+2</sup>	Magnezyum
pH	Hidrojen potansiyeli
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum karbonat
C	Karbon

### KISALTMALAR

AKAÖ	Arazi kullanımı ve arazi örtüsü
ArcGIS	Geographic information system
ATD	Arazi tahribatı dengelenmesi
Ci	Organik karbon miktarı
COP 12	Convention on biological diversity
C <sup>o</sup>	Santigrat
ÇEM	Çölleşme ve erozyonla mücadele genel müdürlüğü
D-B	Doğu-batı
EC	Elektriksel İletkenlik
FAO	Food and agriculture organization of the united nations
Ha	Hacim ağırlığı
IDW	Ters mesafe ağırlıklandırması
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
K-G	Kuzey-güney
MAE	Ortalama mutlak hata
ME	Tahminin ortalama hatası
OM	Organik madde
OK	Organik karbon
Pi	Hacim ağırlığı
RBF	Radyal tabanlı fonksiyon
RMSE	Tahminin standardize ortalama hatalar karekökü
µS	Mikro siemens
Ti	Alınan toprak örneğinin derinliği
TOK	Toprak organik karbonu
TOM	Toprak organik maddesi
UNCCD	United nations convention to combat desertification
Zi	Tahmin edilen değer

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2007-2017 Türkiye toprak organik karbon stok haritası (ÇEM, 2018).....	10
Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldur haritası .....	18
Şekil 3.2. Çalışma alanı DEM ve yükselti haritası .....	19
Şekil 3.3. Çalışma alanı eğim haritası .....	20
Şekil 3.4. Çalışma alanı jeoloji haritası.....	20
Şekil 3.5. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzeye göre.....	22
Şekil 3.6. Vezirköprü ilçesi Newhall modeline göre ayların toprak nem bütçesidağılımı .....	23
Şekil 3.7. Çalışma alanı toprak örneklerinin noktasal dağılım haritası .....	24
Şekil 3.8. Tekstür analizi.....	25
Şekil 3.9. Organik madde tayini.....	25
Şekil 4.1. Yüzeý topraklarının % organik madde dağılım haritası.....	35
Şekil 4.2. Yüzeý altı topraklarının % organik madde dağılım haritası.....	36
Şekil 4.3. Yüzeý topraklarının % organik karbon dağılım haritası .....	38
Şekil 4.4. Yüzeý altı topraklarının % organik karbon dağılım haritası .....	39
Şekil 4.5. Yüzeý topraklarının % silt dağılım haritası.....	40
Şekil 4.6. Yüzeý altı topraklarının % silt dağılım haritası.....	41
Şekil 4.7. Yüzeý topraklarının % kum dağılım haritası .....	42
Şekil 4.8. Yüzeý altı topraklarının % kum dağılım haritası .....	43
Şekil 4.9. Yüzeý topraklarının % kil dağılım haritası .....	45
Şekil 4.10. Yüzeý altı topraklarının % kil dağılım haritası .....	46
Şekil 4.11. Yüzeý topraklarının pH dağılım haritası .....	47
Şekil 4.12. Yüzeý altı topraklarının pH dağılım haritası.....	48
Şekil 4.13. Yüzeý topraklarının % kireç dağılım haritası.....	49
Şekil 4.14. Yüzeý altı topraklarının % kireç dağılım haritası .....	50
Şekil 4.15. Yüzeý topraklarının uS/cm EC dağılım haritası .....	52
Şekil 4.16. Yüzeý altı topraklarının uS/cm EC dağılım haritası .....	53
Şekil 4.17. Yüzeý topraklarının gr/cm <sup>3</sup> hacim ağırlığı dağılım haritası .....	54
Şekil 4.18. Yüzeý altı topraklarının gr/cm <sup>3</sup> hacim ağırlığı dağılım haritası .....	55
Şekil 4.19. Yüzeý topraklarının ton/ha toprak organik karbon stok dağılım haritası.....	57
Şekil 4.20. Yüzeý altı topraklarının ton/ha Toprak Organik Karbon Stok dağılım haritası.....	58

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü seviye 1 TOK miktarları .....	8
Tablo 2.2. Türkiye coğrafi bölge bazında TOK miktarları.....	9
Tablo 3.1. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzey sınıflarına göre arazi kullanımı ve arazi örtüsü alansal dağılımları.....	21
Tablo 3.2. Vezirköprü meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	22
Tablo 4.1. Yüzey topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri .....	29
Tablo 4.2. Yüzey altı topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerinin istatistikleri .....	30
Tablo 4.3. Yüzey topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait kare kök ortalama hata (RMSE) değerleri.....	32
Tablo 4.4. Yüzey altı topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait kare kök ortalama hata (RMSE) değerleri .....	33
Tablo 4.5. Yüzey topraklarının toprak organik maddesi dağılımı.....	35
Tablo 4.6. Yüzey altı topraklarının toprak organik maddesi dağılımı.....	36
Tablo 4.7. Yüzey topraklarının organik karbon dağılımı .....	37
Tablo 4.8. Yüzey altı topraklarının organik karbon dağılımı .....	38
Tablo 4.9. Yüzey topraklarının silt dağılımı .....	40
Tablo 4.10. Yüzey altı topraklarının silt dağılımı .....	41
Tablo 4.11. Yüzey topraklarının kum dağılımı .....	42
Tablo 4.12. Yüzey altı topraklarının kum dağılımı .....	43
Tablo 4.13. Yüzey topraklarının kil dağılımı .....	44
Tablo 4.14. Yüzey altı topraklarının kil dağılımı.....	45
Tablo 4.15. Yüzey altı topraklarının pH dağılımı .....	47
Tablo 4.16. Yüzey altı topraklarının pH dağılımı .....	48
Tablo 4.17. Yüzey topraklarının kireç dağılımı .....	49
Tablo 4.18. Yüzey altı topraklarının kireç dağılımı .....	50
Tablo 4.19. Yüzey topraklarının ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) EC dağılımı.....	51
Tablo 4.20. Yüzey altı topraklarının ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) EC dağılımı.....	52
Tablo 4.21. Yüzey topraklarının ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) hacim ağırlığı dağılımı .....	54
Tablo 4.22. Yüzey altı topraklarının ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) hacim ağırlığı dağılımı .....	55
Tablo 4.23. Yüzey topraklarının ( $\text{ton ha}^{-1}$ ) toprak organik karbon stok dağılımı.....	57
Tablo 4.24. Yüzey altı topraklarının ( $\text{ton ha}^{-1}$ ) toprak organik karbon stok.....	58
Tablo 4.25. Yüzey topraklarının korelasyon analiz sonuçları .....	60
Tablo 4.26. Yüzey altı topraklarının korelasyon analiz sonuçları.....	61
Tablo 4.27. Yüzey toprak organik karbonu ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki istatistiksel sonuç .....	62
Tablo 4.28. Yüzey altı toprak organik karbonu ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki istatistiksel sonuç .....	63

# 1. GİRİŞ

Karasal ekosistemin kalitesi ve sürdürülebilirliği üzerine etkili olan en önemli parametrelerden birisi toprak organik karbonudur. Toprak ve bitkiler karasal ekosistemlerdeki en önemli organik karbon tutucular olmakla birlikte, vejetasyonda depolanmış olan karbon miktarı yaklaşık 500 milyar ton dolaylarındadır (Janzen, 2004). 1 m toprak derinliğinde depolanan karbon miktarı yaklaşık olarak 2000 milyar ton olarak hesaplanmıştır (Tolunay ve Çömez, 2008). Genel olarak topraktaki karbon stokları organik ve inorganik karbondan oluşmaktadır. Karasal karbonun en büyük rezervi topraklarda bulunmaktadır ve bu miktar vejetasyonun 3, atmosferin 2 katı kadardır. 1 m toprak derinliği içerisinde organik karbon miktarı yaklaşık 1500 ve 2000 Pg arasında değişmektedir (Post vd., 1982, Eswaran vd., 1993, Batjes 1996, IPCC 2000). Janzen (2004)'de yapmış olduğu çalışmada toprak derinliğinin 1 m altında olduğu alanlarda karbon miktarının daha çok inorganik formda bulunduğunu belirtmiştir. Toprakta inorganik karbon havuzu iki bileşenden oluşmaktadır; litojenik inorganik karbon ve pedojenik inorganik karbondur. Litojenik inorganik karbon ana kayalardan toprağa karışan karbondur. Pedojenik inorganik karbon ise toprak çözeltisi içerisinde serbest  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  iyonları ile toprak atmosferinde bulunan  $CO_2$  reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (White vd., 1999; Arnaud vd., 1993). Topraklar atmosferdeki karbon için bir depo ve aynı zamanda bir kaynaktır. Bir ekosistem içerisinde toprakta depolanan veya topraktan atmosfere salınan karbon miktarı, net ekosistem üretimi ile ekosistemden atmosfere salınan toplam heterotrofik solunuma bağlıdır. Karbon bağlanması serbest atmosferik karbondioksitin bitkiler tarafından fotosentez aracılığıyla organik madde olarak toprakta depo edilmesi işlemidir. Toprak organik maddesi; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli ve olumlu bir etki yaparak, toprağın gelişimini kolaylaştırır. Değişen çevre koşulları topraktaki organik madde dolayısıyla organik karbon içeriği ve miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Toprakların farklı iklim kuşaklarında 1 ha alanda tutulan karbon miktarlarının, kuzey enlemdaki boreal ormanlarında 40-60 ton, ılıman ormanlarında 60-130 ton, tropikalde ise 120-194 ton arasında değişebildiği gözlemlenmiş, bozulmamış bir tropikal yağmur ormanında 250 ton tespit edilmiştir (Dixon vd., 1994; Lal, 2005).

Organik karbonunun karasal alanlarda tutulabilmesi önemli bir toprak koruma ve iyileştirme stratejisidir. Toprak organik karbonu üzerinde, toprak özelliklerine ilave olarak pek çok çevre faktörü de etkili olmaktadır. Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir ancak arazi kullanımındaki değişim, tarımsal kullanımdaki yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon ve ormanlarda yapılmakta olan farklı silvikültürel uygulamalar sebebiyle toprakların karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır. Arazi kullanımındaki yanlış değişimler 20 yılda topraklardaki organik karbon miktarını en düşük seviyeye indirirken, aynı toprakta organik karbon miktarını en yüksek seviyeye çıkarmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine gerek vardır. Dünyada her yıl yaklaşık 25 milyar ton toprağın erozyonla kaybı söz konusu olduğundan (FAO, 1992), erozyonla kaybedilen bu toprakların %4 olan organik karbon içerdiklerini hesaba katarak yaklaşık olarak 1 milyar ton karbonun topraklardan uzaklaştığını açıklamıştır. Ülkemizde, özellikle su erozyonu baz alındığında akarsularla taşınan yıllık olarak kaybettiğimiz toprak miktarı yaklaşık olarak 500 milyon ton'a tekabül etmektedir. Hektardan taşınan toprak miktarı ise 6 tondur (Anonim, 2001). Erozyonla topraklarımızdan yılda 20 milyon ton organik karbon kaybedilmektedir. Hektardan kaybolan miktar ise 0.24 tondur (Başaran, 2004). Tarım toprakları genellikle doğal alanlardan daha az OM içerir çünkü toprağa giren organik karbondaki azalma ve organik karbonun toprak işleme ile hızlı bir şekilde parçalanarak erozyonla üst topraktan çevre faktörlerinin de etkisiyle taşınması şeklindeki kayıplar olarak belirtilmiştir (Paustian vd., 2000; 2004; Bowman vd., 1999; Lal, 2001a; 2001b; 2002; 2004). Arazinin yapısına uygun toprak yönetim pratikleriyle özellikle tarım yapılan alanlarda toprak karbon içeriğinin artırılabilmesi araştırmalarla kanıtlanmıştır (West ve Post, 2002). Tarım alanlarında karbon stoklama kapasitesi arazi yönetim pratiklerinin önemli bir araç olduğu ve topraklardan yıllık olarak 0.4–0.9 Pg C depolanabileceği belirtilmiştir (Paustian vd., 1998). Ormanlarda CO<sub>2</sub> büyük etkiye sahip olduğundan ve karasalda tutulan karbon miktarının %50'si ormanlar tarafından tutulduğundan nüfus ve gıda ihtiyacı tarım arazileri ile yeterli düzeydeyse orman tahribatının azaltılması (Hooker ve Compton, 2003), tropikal ormanlarda ve doğal ekosistemde CO<sub>2</sub>'in korunması esas kabul edilerek tropikal ormanların tahribi atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'in % 20'lik kısmını oluşturmaktadır (IPCC, 2001). Orman alanları, sera gazları etkisi konusunda farklılık yaratacağı gibi atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'i organik yapıya bağlayarak ekstrem iklimsel

değişimleri de önleyebilmektedir. Orman ve mera alanlarının tarıma açılmasıyla organik karbon miktarının %20 düzeyinde azaldığı belirtilmiştir (Mann, 1986). Bu azalmanın miktarı toprak işleme tekniği, süresi ve yoğunluğu gibi etmenlere bağlı olarak artış göstermektedir. Amerika da yapılan bir başka çalışmada ise doğal bir ekosistemin tarıma açılması ile başlangıçtaki toprak organik karbonu yaklaşık olarak %50-60 oranlarında kaybolmakta diğer bir ifadeyle atmosfere geçmektedir (Buyanovsky vd., 1987; Sotomayor ve Rice, 1999). Yapılan başka bir çalışma, meraların tarıma açılmasıyla ilk 7 yılda organik karbon miktarında ani bir azalma olurken 12 yıl sonra toprakta yeni bir dengenin oluştuğu ortaya konmuştur (Sandra vd., 2008). İşlemeli tarım yapılan bir alanın orman veya mera alanına dönüştürülmesiyle yılda yaklaşık 33.8 veya 33.2 g C m<sup>-2</sup> karbon depolanabilmektedir (Post ve Kwon, 2000). Arazi kullanım tekniklerinin, arazi örtüsü ve türleri bakımından, toprak organik karbon tutulmasında önemli fonksiyonları olduğu görülmektedir. Bu nedenle, toprak organik karbonunun doğru tahmin edilmesi, yeryüzünün karbon dengesindeki değişiminin tahminini desteklemek için kritik bir öneme sahiptir (Bhatti vd., 2002; Janzen, 2004). Ancak toprak organik karbon stoklarının tahmin edilmesi, onu etkileyen pek çok faktörün zamansal ve konumsal değişkenliğinden dolayı önemli ölçüde değişmektedir (Gruneberg vd., 2010; Weindorf ve Zhu, 2010; Wells vd., 2012). Ülkemizde karbon stoklarının belirlenmesi ve dengesi üzerinde özellikle veri yetersizliği nedeniyle bugüne kadar yeterli çalışmalar yapılamadığından, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere Dünyada ve ülkemizde bu konuya büyük bir önem verilmektedir. Özellikle havzalarda organik karbon bütçelerinin belirlenip verilerin güncellenerek değerlendirilmesi, süreçlerin kontrol altında izlenebilirliği ve elde edilen sonuçlara göre yönetim teknikleriyle geliştirilip uygulamaya konulması gerekmektedir. Çalışmanın amacı, Samsun Vezirköprü ilçesinin 111 km<sup>2</sup>'lik alanında yüzey ve yüzey altı toprak organik karbon miktarlarının belirlenmesi, dağılım haritalarının oluşturulması, toprak fiziko-kimyasal karakteristikleri ile TOK içerikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi ve arazi örtüsü ile arazi kullanım çeşitlerinin TOK içeriğindeki stoktur.

## 2. GENEL BİLGİLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Toprak Organik Karbonu

Toprak organik karbonu (TOK) terimi, toprak organik maddesi içerisinde oluşan karbondur. Toprak organik maddesinin fraksiyonları, değişen oranda ve ara ürün düzeyinde mikroorganizmaların da dahil olduğu aktif organik fraksiyon (% 40) ve dirençli kararlı organik madde (% 40-60)'dır. Taze artıklar ve çözünebilir materyaller organik maddenin aktif kısmını oluşturup ayrışmaları oldukça hızlıdır. Aktif karbon fraksiyonu temel toprak kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bir göstergesi iken toprak organik maddesinin dirençli kısmı hem fiziksel hem de kimyasal olarak korunduğundan ayrışmaya dayanıklıdır. Toprak organik maddesinin dirençli veya stabil fraksiyonu agregat oluşumu boyunca gelişen agregatlar tarafından tutulmaktadır. Temel olarak besin tutma kapasitesine (katyon değişim kapasitesi) ve toprak rengine katkıda bulunurlar. Bu organik madde fraksiyonu çok yavaş bozulduğundan dolayı, toprak verimliliği üzerinde aktif organik fraksiyondan daha az etkiye sahiptir. Humik maddeler kararlı (stabil) yapıda olup, karmaşık yapı, çözünemez materyallerdir ve hem fiziksel hem de kimyasal olarak ayrıştırılamazlar. Toprak organik maddesinin yaklaşık %2-5'lik kısmı yıllık olarak ayrışmaktadır. Toprak organik maddesinde ve ayrışan bitki materyalindeki karbon (C) miktarı canlı biyolojik kütleden 2-3 kat daha fazladır. Toprak organik karbonu (TOK), bitki ve hayvan kalıntılarının, kök salgılarının, canlı ve ölü mikroorganizmaların ayrışması yoluyla toprağa girer. İnorganik formlarının meydana geldiği durumlar hariç, karbonun çoğu toprak organik karbonu olarak adlandırılır. TOK, atmosfer, bitki örtüsü, toprak, nehirler ve okyanus arasındaki küresel karbon döngüsünün kilit noktasını oluşturur. Arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere ve toprak sıcaklık ve nemindeki değişikliklere karşı oldukça hassastır. Yirminci yüzyılın son yıllarında, arazi kullanımı ve yönetimindeki değişiklikler, özellikle orman ve otlak alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi, Dünyanın bazı bölgelerinde TOK seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. TOK kaybı belirli bir dereceye kadar toprak bozulmasına işaret eder. Aşırı sulama veya toprağı çıplak bırakmak gibi sürdürülemez yönetim uygulamaları toprakları tehlikeye sokarak karbon kaybına ve erozyon kayıplarına neden olurlar.

TOK kaybı sadece toprak sağlığını ve gıda üretimini olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp, iklim değişikliğini de tetiklemektedir. Toprak organik maddesi, biyosferdeki en büyük karbon havuzlarından biridir ve diğer toprak özelliklerinin aksine, hem iklim değişikliğinin bir itici gücü hem de iklim değişikliğine karşı hareket etme yeteneğine sahiptir.

İklim değişikliğinin topraktaki organik madde üzerinde nasıl bir etkisi olacağı önemli bir tartışma konusudur. Bir yandan, küresel ısınmanın ve atmosferdeki CO<sub>2</sub> düzeylerinin artması, artan bitki büyümesini destekleyebilmesi ve bunun da organik girdilerin toprakta artacağı yönünde kabul edilmesidir. Öte yandan, hava sıcaklığındaki yükseliş topraktaki bozunmayı ve toprak organik madde kaybını arttırıcı bir etken olabilir. Doğal ekosistemlerde topraktaki organik karbonun bölgenin enlemine ve yıllık yağış miktarına önemli etkisi bulunmaktadır. Örneğin ekvatorдан güney ve kuzeye doğru gidildikçe TOK miktarının artış gösterdiği görülmüştür. Bunun yanı sıra yağış miktarındaki artış da doğal ekosistemlerde depolanan karbon miktarını arttırmaktadır. Toprak yüzeyinden derine inildikçe organik karbon miktarı azalma göstermekte, yüzeyde depolanan organik karbon miktarı ise toprakta besin elementi döngüsüne ve atmosferle olan gaz değişimine doğrudan etki eder. Öte yandan fosil yakıtlar, ayrışma vb. yollarla topraktan atmosfere salınan karbonun yeniden toprağa kazandırılmasında en doğru yol ve karbon döngüsü içerisinde ki bitkilerce fotosentez yoluyla tekrar organik yapıya bağlanabilme özelliğine sahiplerdir. Toprak organik maddesi ayrıştırıldığında, atmosfere karbon bazlı sera gazları salındığından ve bu salınımın çok yüksek oranlarda gerçekleşmesi durumunda ise topraklar gezegenimizi ısıtırlar şeklinde de ifade edilebilmektedir. Özetle birçok toprak, TOK stoklarını arttırma potansiyeline de sahiptir denir. Böylece atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu azaltarak iklim değişikliğini hafifletmede etkili olabilirler ayrıca toprağa ilave olan organik karbon miktarı, topraktan yükseltgenme (oksidasyon) yoluyla kaybolan karbon miktarından fazlaysa toprağın organik karbon içeriği artar şeklinde de açıklanabilir.

## **2.2. Toprak Organik Karbonuna Etki Eden Fonksiyonlar**

Toprağın organik karbon depolama kapasitesi birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Farklı ekosistemler, toprak tipi, iklim, topoğrafya, nüfus artışı, yönetim pratikleri ve diğer biyofiziksel özelliklerin kompozisyonuna göre topraklar değişen miktarlarda karbon depolayabilirler. Toprağın organik karbonu depolama miktarı, ekosistem içerisinde toprağın sahip olduğu özellikler ile toprağa giren ve topraktan uzaklaşan organik madde arasındaki dinamik dengenin bir fonksiyonudur. Toprak organik karbon stok miktarını etkileyen ekolojik faktörler belirlenirken, mevcut veri setleri veya mevcut veri setlerinden üretilebilecek veri setleri göz önünde bulundurulmuş ve aşağıdaki 6 başlıkta verilen ekolojik faktörler içerisinde değerlendirilmiştir. Bunlar; AKAÖ (arazi kullanımı arazi örtüsü), toprak, topografya, vejetasyon, iklim ve ana materyaldir.

## **2.3. Toprak Organik Karbonunun Etkilediği Fonksiyonlar**

TOK (toprak organik karbonu), toprak organik maddesinin ana bileşeni ve toprak strüktürünün stabilizasyonu, besin alımı, toprakta suyun infiltrasyonu vb. temel toprak fonksiyonlarını desteklediğinden dolayı kritik öneme sahiptir. TOK, toprak sağlığı, verimliliği ve gıda üretimi konularında toprakta TOK'un korunması, malçlama, toprak yüzeyini bitkilendirme, dengeli gübreleme ve yeterli sulama gibi sürdürülebilir toprak yönetimiyle sağlanabilir. Toprak organik karbonunun azalması toprağın biyolojik çeşitliliğinin azalmasına yol açacak ve besin zinciri dengesinin bozulmasına sebep olacaktır ki bu da toprak ekolojisini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca aşırı toprak işleme gibi yanlış uygulamalar, agregatları bozarak agregatlarda korunan toprak karbonunu mikrobiyal ayrışmaya açık hale getirecektir. Sıfır toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme ise toprak organik karbonunu artırıp, toprak erozyonunu azaltarak, toprak neminin korunması ve sera gazı emisyonları konularında farklı etkilere sahiptir. Kompost vb. organik materyallerin toprağa uygulanmaları, hasat artıklarının yönetimi ve nadas süresinin kısaltılması da toprak organik karbonunun artmasına yardımcı olur. Mera, ot yönetimi ve baklagil yetiştiriciliği gibi hem yem verimini hem de toprak organik karbon miktarını artırıcı diğer etmenlerden de bahsetmek mümkündür. Ek olarak tarımsal ormancılık uygulamaları karbonun depolanmasını artırıp toprak

Erozyonun azaltılması ve kuraklığa karşı toprağın dayanıklılığını arttırabileceği gibi tarım uygulamalarına nazaran toprak organik maddesini arttırarak biyoçeşitlilik üzerinde daha fazla etkili olabilirler.

#### **2.4. Toprak Organik Karbonunun Farklılık Göstermesindeki Sebepler**

Topraklar en büyük karasal organik karbon rezervuarını temsil etmekte olup, jeolojik yapıya, iklim koşullarına ve arazi kullanım yönetimi ile çevresel faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda TOK barındırmaktadırlar.

Özellikle orman ve mera alanlarının plansız biçimde tarım arazisine dönüştürülmesi, küresel boyutta TOK seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. TOK kaybı belirli bir dereceye kadar toprak bozulmasına işaret ettiğinden aşırı sulama veya toprağı çıplak bırakma gibi yanlış yönetim uygulamaları toprakların verimliliğini tehlikeye sokarak organik karbon kaybına ve şiddetli erozyona yol açmaktadır. Toprak işleme, agregatları parçaladığı için agregatlarda korunan toprak karbonu mikrobiyal ayrışmaya açık hale gelir. Türkiye topraklarının önemli bir kısmında organik madde miktarı oldukça düşük olup, yüzey topraklarında genellikle %0.5-6 arasında değişiklik göstermektedir. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri topraklarının organik madde yönünden oldukça fakir, Karadeniz, Doğu Anadolu ve Akdeniz bölge topraklarının ise organik madde yönünden nispeten daha zengin olduğu da bilinmektedir.

#### **2.5. Türkiye’de ve Dünya’da Toprak Organik Karbon Durumu**

12-23 Ekim 2015 tarihleri arasında Ankara’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi 12. Taraflar Konferansında (UNCCD COP12); Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma 15.3 Hedefine yönelik, 2030 yılına kadar ülkelerin gönüllü olarak belirttikleri Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) hedeflerinin belirlenmesi ile yapılan çalışmaların ve arazi tahribatı eğilimlerinin izlenmesi kararlaştırılmıştır. Türkiyede TOK Stok Harita üretiminin yanı sıra, Ulusal toprak kaynaklarımızın organik karbon içerik dağılım analizleri de; AKAÖ, yükselti, arazi bozulumu/çölleşme risk sınıflarına göre farklı ölçeklerde (havza, TOK odaklı biyocoğrafya bölgeleri, coğrafi bölgeler, il ve ilçe tabanlı) olarak yapılmıştır. Ayrıca proje kapsamında senaryo-haritalama analizleri yardımıyla, AKAÖ dönüşümleri ve yönetim pratiklerinin TOK stokları üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve gelecek 25 yıl için en iyi yönetim senaryosuna göre potansiyel

TOK stok artışı haritası ile TOK açısından sıcak-soğuk alanların dağılım haritası da üretilmiştir.

Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) ve TÜBİTAK-BİLGEM-YTE işbirliği ile yürütülen —Türkiye Toprak Organik Karbonu Projesi sonucunda, yüksek çözünürlüklü ve ayrıntılı bir Türkiye Toprak Organik Karbon Stok Haritası hazırlanmıştır (Şekil 2.1). Ülkemiz topraklarının organik karbon içerikleri arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) dağılımı baz alındığında, en fazla TOK miktarı genel anlamda biyokütle içeriği bakımından zengin olan orman alanlarında görülürken, sırasıyla bunu mera, tarım ve diğer alanlar izlemekte olup konumsal ve alansal dağılım durumları belirlenmiştir. Türkiye geneli, arazi kullanım ve arazi örtüsü Corine Seviye 1'deki TOK stokları Tablo 2.1'de verilmiştir. Buna göre toplam 3.51 milyar ton civarında olan toplam TOK miktarının % 38.3'ü orman alanlarındadır. Ormanlardan sonra ise mera ve tarım alanları gelmektedir. Sulak alanlar ve su yüzeyleri ile yapay ve çıplak alanlardaki TOK stokları ise Türkiye toplam TOK stoğunun ancak % 1.36'sını oluşturmaktadır (ÇEM, 2018).

Tablo 2.1. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü seviye 1 TOK miktarları

AKAÖ Seviye 1	Alan (ha)	Alan (%)	TOK Miktarı (ton C/ha)	TOK Stoğu (ton)	TOK Stoğu (%)
Orman Alanları	24.180.644	31.64	55.68	1.346.434.101	38.33
Mera Alanları	23.568.338	30.84	49.77	1.172.981.521	33.39
Tarım Alanları	26.316.375	34.43	35.96	946.317.555	26.94
Çıplak Alanlar	1.172.581	1.53	12.78	14.981.558	0.43
Yapay Alanlar	796.519	1.04	16.12	12.838.873	0.37
Sulak Alanlar	393.100	0.51	49.71	19.542.037	0.56

Coğrafi bölgeler bazında TOK miktarları dağılımı Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Tabloya göre 67.83 ton C ha<sup>-1</sup> ile Karadeniz Bölgesi en fazla TOK stoğuna sahipken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 29.46 ton C ha<sup>-1</sup> ile en az TOK stoğuna sahiptir (ÇEM, 2018).

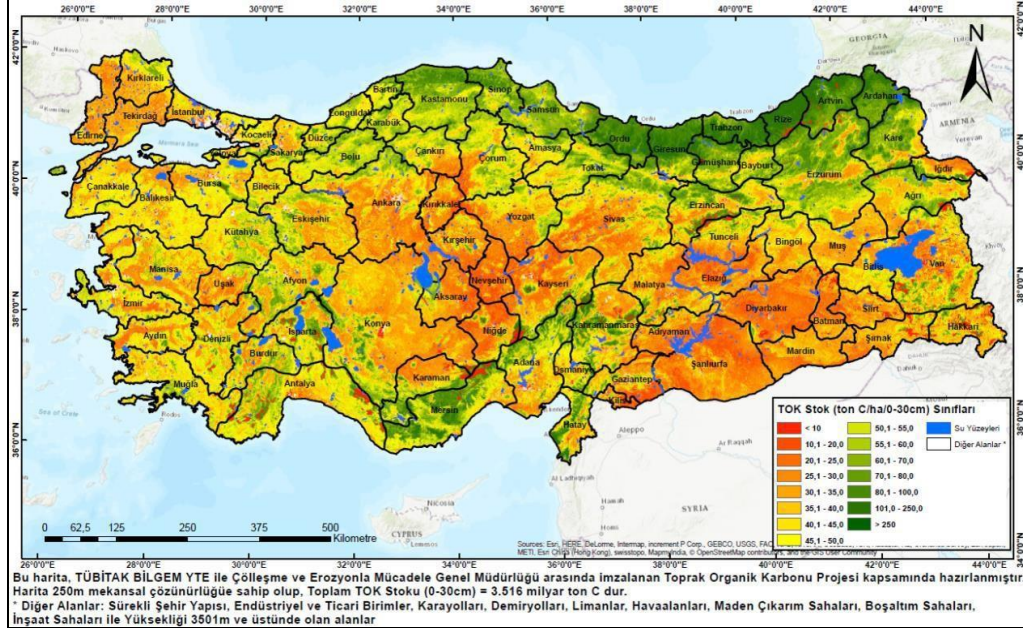
Tablo 2.2. Türkiye coğrafi bölge bazında TOK miktarları

No	Coğrafi Bölge 1	Alan (ha)	Alan (%)	Tok Miktarı (ton C ha-1)	Tok Stoğu (ton)	Tok Stoğu (%)
1	Karadeniz Bölgesi	11.562.782	15.12	67.83	784.303.519	22.32
2	Akdeniz Bölgesi	8.754.582	11.45	52.36	458.389.902	13.04
3	Doğu Anadolu Bölgesi	14.511.441	18.98	46.92	680.876.815	19.37
4	Ege Bölgesi	8.720.282	11.41	43.18	376.541.784	10.71
5	Marmara Bölgesi	7.002.532	9.16	40.67	284.792.961	8.10
6	İç Anadolu Bölgesi	18.401.584	24.07	38.50	708.460.973	20.16
7	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	7.496.289	9.81	29.46	220.840.671	6.28

Bu çalışmada, TOK dağılımı ülkemizin sadece AKAÖ dağılım durumlarına göre ortaya konulmaya çalışılmayıp, aynı zamanda ülkemizde yer alan 25 büyük havza da, coğrafi bölgelerde, yükselti değişimlerinde, arazi bozulumu ve çölleşme risk grubuna göre, il ve ilçe bazında dağılım düzeyleri bakımından da belirlenmiştir. TOK dağılım haritasının oluşturulmasında çeşitli AKAÖ'ne ait yirmi bine yakın konumsal özeliğe sahip toprak örnekleri ve ülkemize ait temel sayısal coğrafi özelliklerle beraber Random Forest modeli kullanılmak suretiyle TOK dağılım haritası oluşturulmuştur.

TOK dağılımının doğrulanmasına yönelik toprak örneklemelelerinde istatistiksel analizler yapılmış ve AKAÖ ile TOK odaklı biyocoğrafya alanları ile karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar TOK dağılım haritasının tutarlı olduğunu ortaya koymuştur.

Bu harita üzerinden yapılan sorgulamalar ile yaklaşık olarak 78 milyon ha yüzölçümüne sahip Türkiye'de toplam TOK stoğu 3516 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Türkiye arazi bozulumu/çölleşme haritasına ait olan risk sınıflarının TOK içerikleri değerlendirildiğinde; "Çok Düşük-Düşük" risk sınıfı TOK miktarının 63.79 ton C ha<sup>-1</sup> ile en yüksek, "Çok Yüksek-Çok Yüksek" risk sınıfı TOK miktarının ise 31.49 ton C ha<sup>-1</sup> ile en düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 2.1. 2007-2017 Türkiye toprak organik karbon stok haritası (ÇEM, 2018)

## 2.6. Toprak Organik Karbonunun Önemi

Son yıllarda TOK'a önemli ölçüde ilgi gösterilmektedir. Bunun sebebi TOK'un topraktaki besin elementi döngüsünde, toprak verimliliğinde ve ürün/verim artışında önemli bir rol almasının yanı sıra iklim değişikliğinin modellenmesi ve yönetilmesi konularıyla da yakından ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda toprak organik karbonunun iki yönden incelenmesi gerekmektedir. İlk olarak toprak organik karbonunun küresel anlamda önemli olması toprakta karbon tutulumu yoluyla potansiyel olarak sera gazı emisyonlarını azaltması ve atmosferdeki karbondioksitin bitkiler aracılığıyla toprağa aktarılması ile çok daha uzun süre kalıcı olması şeklinde ifade edilmektedir. Atmosferde karbondioksit yoğunluğu azaltılmış olmaktadır diğer bir sebep ise toprak fonksiyonları üzerine etkileridir. Toprak organik karbonu toprak verimliliğini, bitki büyümesini ve bitkisel üretimi olumlu yönde etkilemektedir. Toprak ve su kaynaklarının korunmasında da oldukça etkilidir. Dolayısıyla toprakların agregat stabiliteelerini iyileştirerek onları erozyona karşı dirençli hale getirmektedirler. Ek olarak toprakların su tutma kapasitelerini artırmakta ve toprakların besin elementlerini tutmalarına yardımcı olarak besin elementi döngüsüne de olumlu katkı yapmaktadırlar (Lal, 2004; Janzen, 2006).

Gediz havzasında karasal ekosistemde arazi bozulması odaklı arazi kullanım değişikliğinin arazi üretkenliği dinamikleri üzerindeki potansiyel etkisi çalışmada

havzadan 319 örnek üzerinde inceleme yaparak havzada 3896 hektarlık alanda arazi verimliliğine bakıldığında çalılık, otlak ve seyrek bitki örtüsü gibi alanlarda düşük toprak organik karbonu gözlemlenmiş ve ormanlık alanda ise yüksek toprak organik karbonu tespit edilmiştir. Karbon stoğu bakımından oldukça düşük olan bölgelerdeki kayıpları önlemek için arazilerin akılcı kullanımı, teraslama, gübreleme, az otlatma, (toprak, bitki, biyokütle, verim, arazi üretkenliği dinamikleri), metodolojik süreçler, iklim, sosyo ekonomik yönler, yerel arazi kullanım süreçleri bütün olarak düşünülmeli ve arazi kullanım uygulamalarındaki değişikliklerin, nüfus hareketleri gibi konularla da pekiştirilerek değerlendirilmesi gerektiği hususunu açıklamıştır (Dengiz, 2018).

Niğde yöresinde arazi kullanımı dönüşümlerinin toprakların organik karbon depolama özellikleri üzerindeki etkileri çalışmasında; yeni tarım alanlarının açılmasıyla birlikte arazi kullanımındaki değişimler ve tarımda artan yoğun toprak işleme ile su ve rüzgâr erozyonuna açık hale gelen toprakların karbon stok miktarının önemli ölçüde azaldığı sonucuna varmışlardır (Korkanç vd., 2018). Bu çalışmada Niğde yöresinde kavaklık alana dönüştürülmüş bozuk nitelikteki mera alanındaki toprakların organik karbon ve hidro-fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bu özelliklerde arazi kullanım değişimine bağlı bir farklılaşma olup olmadığının araştırılması olmuştur. Çalışma sonucunda kavaklık alandaki organik karbon içeriğinin bozuk mera alanına göre %56 daha fazla olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu çalışmada aşırı toprak işleme sonrası kavaklık alana dönüştürülerek farklı toprak derinliklerinde toprak tekstüründe gözlenebilir bir değişkenlik özellikle toprak mineral ayrışması, silt partiküllerinin taşınma ve birikmesi açısından avantajlı oluşu da gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra bozuk bir mera alanının kavaklandırılması rüzgâr erozyonunu azaltmış, hacim ağırlık, agregat stabilitesi organik karbonu arttırıcı etkilerde de bulunmuştur. Toprak özelliklerinin iyileşmesi ve depo karbon açısından rehabilitesi amacıyla bozuk mera niteliğindeki alanlara ağaçlandırma çalışması önermişlerdir (Korkanç vd., 2018).

Madendere havzasında toprak türleri ve arazi kullanımı-arazi örtüsünün toprak organik karbon yoğunluğu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir (Dengiz vd., 2015). Havzada orman, mera, meyve bahçesi ve ekili alan olarak 4 ana arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlenmiştir. Günümüzde arazi kullanımı ve arazi örtüsü konularında anlam karışıklığı olduğundan karbon değerleri dikkatlice incelenmiş ve toprak

organik karbon yoğunluğu farklı bulunmuştur. Bu çalışmaya göre ekili olan topraklar, diğer arazi kullanımı ve arazi örtüsü sistemlerine göre daha düşük miktarda organik karbona sahipken bu durumun tersine çevirilmesi için mahsul rotasyonu, organik madde ve ürün kalıntılarının topraklara eklenmesinin gerekliliği gibi sürdürülebilir arazi yönetim sistemlerine ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Farklı arazi kullanımı ve arazi örtüleri arasındaki organik karbon varyasyonu, yüzey toprağı katmanına kıyasla alt toprak katmanında minimum düzeyde iken, yüzey toprağında bu katman farklı yönetim uygulamalarından da kaynaklı olarak fazlaca etkilenmiş ve etkilenmekte olan kısım olarak görülmüştür. Çalışma alanında devam etmekte olan toprak bozulmasıyla da mücadele etmek amacıyla ve toprak verimliliğini arttırmak adına uygun arazi kullanım politikası ve sürdürülebilir toprak yönetiminin ve mahsul uygulamalarının geliştirilme çalışılmasının esas olduğuna kanaat getirilmiştir (Dengiz vd., 2015).

Tokat kazova koşullarında farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması konusundaki çalışmalarında aynı toprak serisinde yer alan toprakların farklı arazi kullanım türlerine bağlı olarak bazı özelliklerindeki değişimleri konusu araştırılmıştır (Oğuz ve Acar, 2011). 12 yıl boyunca işlenen arazilerle işlenmemiş orman ve mera arazilerine göre yaklaşık %50 oranında organik madde kaybı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda organik madde stoğu açısından aşırı toprak işleme yapılmaması gerektiğine kanaat getirmişlerdir (Oğuz ve Acar, 2011).

Diyarbakır ili yüzey topraklarının karbon stoğu çalışmasında, bölgenin alt ovalık kısımlarında yağışın az olması ve topoğrafik yapının düz olmasından kaynaklı olarak Tok miktar ve stoklarının üst kısımlara nazaran düşük olduğu bulunmuştur (Sakin vd., 2014). Yükseltinin fazla olduğu yerlerde toprak işlemenin az olması karbon birikimi açısından iklim ve topoğrafyanın da etkisiyle teşvik edicidir sonucuna varılmıştır. Benzer iklim ve toprak özelliklerine sahip arazilerin karbon miktarları aynıyken en fazla OM birikimi ormanlarda görülmüş ve eğimin fazla olmasına rağmen yüksek organik madde içeriği yağışın fazla sıcaklığın ise düşük olmasından kaynaklanıyor olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca toprak kalınlığının fazla oluşu da organik madde stoğu açısından önemli bulunmuştur. Sonuç olarak organik maddenin erozyonu azaltma, su tutma kapasitesini arttırma, su ve hava infiltrasyonunda artış ve toprak yapısının geliştirilip sürdürülebilmesinde

büyük oranda önemli olmakla beraber toprak organik maddesini arttırmak için ise birçok ülkede kabul gören korumalı toprak sürümünün ön plana çıkarılarak toprak yönetim tekniklerinin kullanılıp toprağı koruyacak olan uygulamalara geçilmesinin önemini vurgulamışlardır (Sakin ve Seyrek, 2014).

Dünya tarım arazilerinin yaklaşık %40'ının bozulduğu tahmin edilmektedir (Sample, 2007). Arazi bozulmasının ekonomik maliyetlerinin yılda 490 milyar dolar olduğu ve bu durumun küresel tarım gayri safi yurtiçi hasılasının %3 ile %6'sına denk geldiğı açıklanmıştır (Von Braun vd., 2012). Arazi bozulması, izlenmesi ve değerlendirilmesi zor olan karmaşık ve dinamik bir olgudur (Sommer vd., 2011). Özellikle geniş alanlarda bozulmuş arazilerin belirlenmesi ve izlenmesi, önlemlerin alınması ve rehabilitasyon yada restorasyon gibi işlemlerde önemli bir rol oynamaktadır. RİO+20 hedefinde arazi bozulmasının önlenerek bozulmuş arazilerin restorasyonu şeklindeki hedefi bildirmiştir (Cherlet vd., 2013). Bazı arazi bozulmasının muhtemelen kaçınılmaz olduğunu kabul eden RİO + 20 hedefi, arazi bozulmasını telafi etmek için arazi restorasyonunu önermektedir. Bu görüşe göre, hedef sürdürülebilir kalkınma bağlamında arazi tahribatı dengelenmesi için çaba sarf edilmesi gerektiğini göstermektedir. Arazi tahribatı dengelenmesinin küresel ölçekte göstergeleri ise arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişim, arazi üretkenlik dinamiğı ve toprak organik karbon stoğudur. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimi, arazi üretkenliğı ve TOK yoğunluğu olmak üzere 3 gösterge kullanarak arazi bozulmasının değerlendirilmesi amacıyla kurak ekosistemde yer alan bir havzanın arazi üretkenlik dinamiğinin mekânsal dağılım haritasını oluşturmuşlardır (Başkan vd., 2018). Çalışma, 2000-2010 yılları arasında Mogan havzasında gerçekleştirilmiştir. AKAÖ yoğunluğundaki değişiklikleri belirlemek için Landsat görüntüleri kullanılmıştır. TOK yoğunluğunu değerlendirmek için 2000-2010 yılları arasında yüzeyden toplam 834 toprak örneğı alınmıştır.

Havzanın %37'den fazlası 37100 hektarlık arazinin verimliliğı azalırken, havzada yaklaşık %43 oranında üretkenlik düşmüştür. Toprak organik karbon stoğı yönünden, 2000'den 2010'a kadar olan dönem içindeki önemli azalmayı mekânsal dağılım haritalarıyla ortaya koymuşlardır. Ayrıca sürdürülebilir arazi yönetimini sağlamak için arazi yönetim politikalarının ve arazi yönetim uygulamalarının gerekliliğinin önemini belirtmişlerdir.

Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon çalışmalarında, aralama, toprak işleme ve gübreleme gibi bazı uygulamaların toprağa bağlanan karbon miktarını olumlu yada olumsuz etkilediği 2004 yılında Türkiye ormanlarının 14.5 Tg karbon bağladığına ve bu oranın sadece bitkisel kütle için hesaplandığı ve orman topraklarındaki oranın sıfır kabul edildiği ve bununda yaprak dökümü sonucu ince kök ayrışması ile toprağa giren organik karbon miktarı ile ölü örtünün ayrışma hızı ile belirlenebildiği ve çalışmalarında farklı ağaç türleri ile orman tiplerinde stok halde bulunan karbon miktarlarını hesaplamaya çalışarak yaprak çürüntü ya da humus olarak adlandırdığımız yapıların her tabaka ve mineralizasyonu açısından farklı oluşundan kaynaklı olabileceği öngörülmüştür. Hesaplamalar doğrultusunda ölü örtünün yarısı karbon olarak kabul edilmiş ve küresel ısınmanın boreal ormanlardaki topraklarda biriken organik karbon ayrışma hızına ve dolayısıyla karbon emisyonuna sebep olacağı ayrıca topraklarda biriken karbon modellemesi için gerekli olan yaprak döküm oranının araştırılmasında kullanılmıştır (Tolunay ve Çömez, 2008).

Dicle havzasında farklı arazi kullanımları altındaki toprakların karbon depolama potansiyelleri çalışmasında, 5 farklı arazi kullanımının bulunduğu ve 44.33 mg ha<sup>-1</sup> ile ormanlık alanlarda en düşük 28.91 mg ha<sup>-1</sup> ile tarla bitkilerinin ekili olduğu alanda tok stoğu gözlemlenmiş ve aşırı otlatma, geleneksel toprak işleme ve hasat artık yakılmasının tok stok miktarındaki farklılığa sebep olabileceği araştırılmıştır. Toprakta karbon ürün rotasyonu, amenajman, iklim, gübreleme ve tekstür gibi etmenlere bağlı olarak Yukarı Dicle havzası topraklarında karbon depolama potansiyelleri belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Bu çalışmada meraların daha düşük TOKS sahip olması ve bölgede küçükbaş hayvancılığın yoğun olması mera kapasitelerinin üzerinde otlatılma yapılması durumundan kaynaklanıyor ve anız yakılmasının toprağa karışacak olan organik artıktaki azalmaya sebep olması ve tarla bitkilerinin ekili olduğu alanlarda organik maddenin ve tok stoğunun daha düşük olduğu bulunmuştur (Budak ve Günel, 2018).

Çeşitli ülkelerde yapılan toprak karbonu çalışmasında; sulak alanların restore edilmesinin toprak organik karbonuna katkı sağlayacağı görülmüş ve ayrıca toprak organik karbonunun alüminyum, demir oksit ve kil içeriği ile pozitif bir etkileşimde olduğu tespit edilmiştir. Çeltik topraklarının büyük potansiyele sahip olduğu ve azaltılmış inorganik gübre ve saman bileşimi ile karbon stoğunun arttığı

gözlemlenmiştir. Böylece kompost eklemenin karbon stoğunu nasıl arttırdığı bulunmuş ve mineral karbonun toprak yüzeyindeki karbona etki edip etmediği konusuna odaklanılarak toprak rasyonlarında toprağın sürülmemesinin, mahsul kalıntılarının tekrar toprağa geri verilmesinde, bozuk arazilerin iyileştirilmesi hususunda ve yılda (0.1-0.5 tc ha)'lık bir karbon kazancı sağlandığı şeklinde bir kanıya varılmıştır. Genel olarak bu çalışmada karbon stoğu konusunda yenilenebilir değil sürdürülebilir kaynak konumuna geçilmesi gerektiği öngörülmüştür (Minasny vd., 2017).

Santa cruz galapagos adasındaki toprak organik karbon stoklarının farklı iklim senaryoları altında incelenmesi ve toprak organik karbonunun mekânsal dağılımı hususunda ki çalışmada, toprak organik karbonu takımadalar üzerinde mevcut dağılım ve stoklara göre modellenip bu stokların zaman içerisindeki gelişimi tahmin edilmeye çalışılmış ve toprak organik karbonunun sadece yağışlardan değil sis gibi hassas su yoğunlaşmalarından da etkilendiği görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada iklim tahminlerindeki belirsizlikler ve toprak gözlemlerindeki toprak organik karbon stoklarının tahmin değerleri sınırlı kalmıştır (Rial vd., 2017).

Tayland'da tarımsal arazi kullanımında karbon stok değerlendirmesi ve toprak karbon yönetimi konusunda yapılan çalışmada, organik gübre uygulamaları ile mahsul artıklarının toprağa karıştırılarak topraktaki organik karbon artışı gözlemlenmiş ve arazilere yapılan gübre takviyelerinden sonra farklı tip arazi kullanımlarının etkilerine bakılmıştır. TOK değişimortalaması hindistan cevizi, şeker kamışı, çeltik arazi modellerinde farklıyken bu durum yüksek TOM ile yüksek TOK gereksiniminden kaynaklanıyor ve ağaçlandırmanın karbon stoğu açısından yetersiz kalabileceği biyoçeşitlilik, gıda güvenliği, arazi bozulumu konularında daha dikkatli olunması gerektiği hususlarına değinilmiştir(Gnanavelrajah vd., 2008).

Kuzey İranın Mazandaran eyaletinin Noor bölgesinde yapılan arazi kullanım değişikliği ve karbon stoğu çalışmasında; orman alanlarının tarım arazilerine dönüştürülmesi ve hızlı ayrışması sonucu ortaya çıkan karbon kaybı konusuna değinilmiştir. %5 eğim ve denizden 90 metre yükseklikteki bu alanda yüzey ve yüzey altı topraklarından 0-15, 15-30, 30-50 metre derinliklerden alınan örnekleri incelenmiş, plantasyonu yoğun olan bölgelerde karbon stoğunun yüksek, tarım arazilerinde ise düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca yetiştirilen bitki türüne göre karbon tutulumu değişimi gözlemlenmiş ve bu gözleme göre bir denklem geliştirilmiştir. Bu denklem; Orman alanları > A.velutinum > A.subcordata > C.semperuirens > Çiftlik arazileri'dir. Sonuç olarak toprak organik karbon stoğunun %60'lık kısmının üst toprakta depolandığını ve arazilerin doğru kullanımlarının öneminin, toprak örtüsü çeşitliliğinin ve biyokütlenin toprak karbon stoğu açısından ne derece önem arz ettiği konusuna vurgu yapılmıştır (Haghdooost vd., 2012).

Etiyopyada 17.000 hektarlık çalışma alanında, afromontan kuru ormanının arazi örtü değişikliği sonucu oluşan karbon stok dinamikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve değişken olarak; orman alanındaki yerli ve egzotik türlerin karbon stoğuna etki edip etmediği konusu üzerinde durulmuştur. Elde edilen sonuca göre yoğun ormanların ekili araziye dönüştürülmesinin toprak organik karbon stoğunda %25'lik bir azalmaya sebep olurken çalışmalardaki karbon seviyelerindeki tutarsızlık, bitki örtüsü ve toprak organik karbon stoklarının dağılımını etkileyen çevresel faktörler de dâhil olmak üzere sahaya özgü bir değişimin söz konusu olduğu bulunmuştur (Solomon vd., 2018).

ABD Pennsylvaniada 117.599 km<sup>2</sup>'lik a l a n d a , çevresel değişkenler ile TOKS arasındaki ilişkileri son zamanlarda geliştirilen coğrafi ağırlıklı regresyon-kriging yaklaşımı ile inceleyerek çevresel değişkenler arasında; hava sıcaklığı, ortalama yıllık yağış, yükseklik, eğim derecesi, jeoloji, AKAÖA indeksi incelenmiştir. 878 adet coğrafi referanslı toprak profil örneği ulusal toprak veri tabanından elde edilerek, kalibrasyon için 702 adeti ve

Validasyonda 176 adet kullanılarak TOKS1.12-1.18 Pg aralığında değişirken, TOKS'nun %64 orman, %22 tarım alanı, %2-3'lük kısmı sulak alanlar ve %2'lik kısım ise mera alanları tarafından depolanmaktadır şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca çalışmada, ormanların 0.75 Pg-0.26 Pg olan ekili alanlardan daha fazla toprak organik karbon depoladıkları tespit edilmiş bu duruma sebep olarak; ekili alanlarda yapılan aşırı toprak işleme ile toprak organik maddesinin fiziksel korunumunun mümkün olmamasından kaynaklanmıştır (Kumar vd., 2012).

Etiyopyanın doğusunda bulunan Hades alt havzasında başlıca arazi kullanımı ve arazi örtüsü tiplerinin karbon stoğu üzerinde etkisi konulu bir çalışma yapılmıştır ve bölgeyi genel olarak ekili arazi, mera, kahve tarımı ve doğal orman olmak üzere 4

ana arazi türüne ayırdıktan sonra değişken olarak karbon azot oranı görülmüştür ki bu oranın toprak organik karbonu bakımından arazilerin (0-20 cm'de %38-40 iken 20-40 ve 40-60 cm'lerde %60-68) olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada genel olarak havza seviyesinde toprak organik karbon stoğu değerlendirilmiştir (Toru ve Kibret, 2019).

Çin'in Tarım nehri boyunca arazi kullanımı ve arazi örtüsünün toprak organik karbon stoğuna etkisi incelenmiştir. 1.320 km<sup>2</sup>'lik alanın orman alanlarından mera veya tarım arazisine dönüştürülmesi sonrasında toprak organik karbon içeriğinde %20'lik hatta %40'lık bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, toprak organik karbon stoklarının %50'sinin mineralojik faktörlere ve geri kalan %50'lik kısmının ise iklim, abiyotik faktörler, toprak yönetimi, bitki örtüsü stabilitesi ve tür kompozisyonu yönünde olduğu gözlemlenmiştir (Yang vd., 2018).

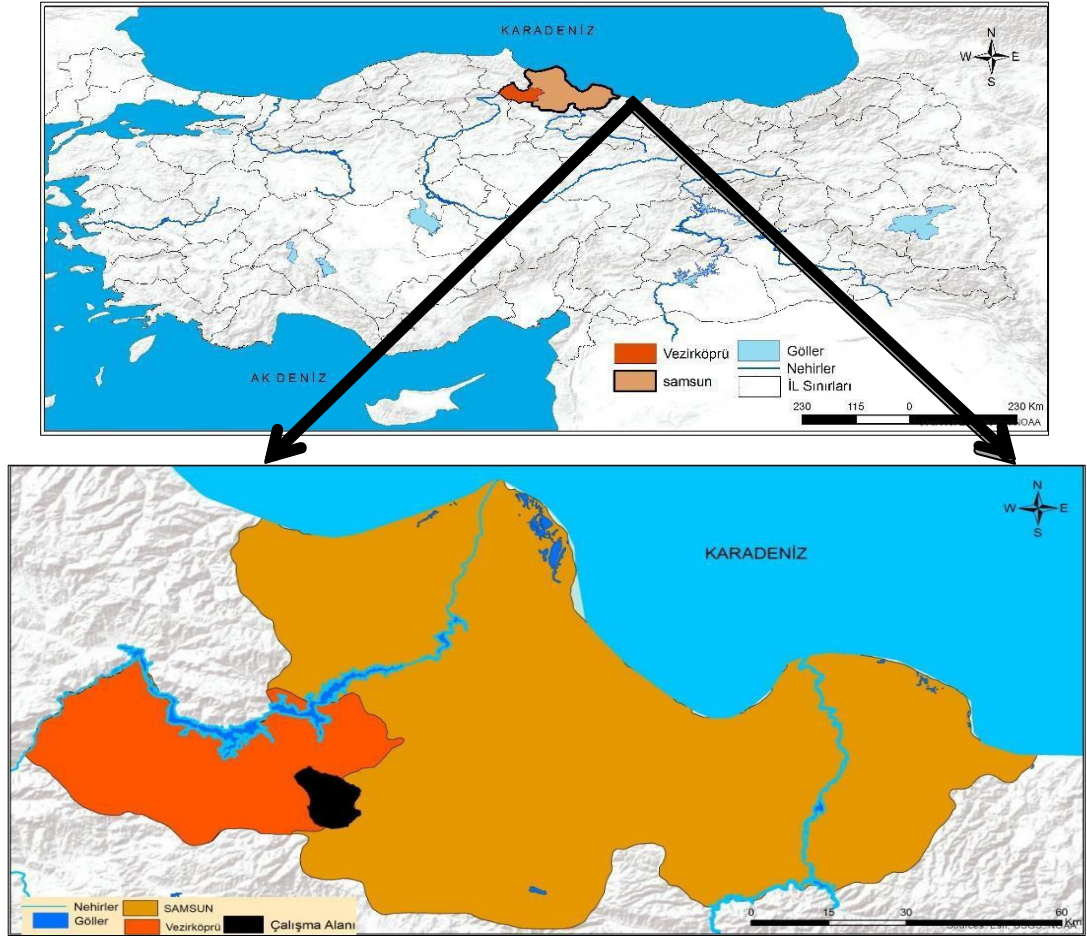
Hindistan'ın yarı kurak bölgesi Rajasthan'da arazi kullanım değişikliğinin ve TOKS üzerindeki etkisinin çok zamanlı uydu verileri kullanarak değerlendirilendirilen çalışmada 1850'den beri küresel olarak arazi kullanım değişiklikleri nedeniyle 156 Pg TOK'un atmosfere salındığı gözlemlenmiş ve özellikle orman arazilerinin ekili arazilere dönüştürüldüğünde TOK'un %20 -%50 kaybı konusunda bilgiler edinilmiştir (Haughton, 2003). Arazi bozuluma düşük yağışın sebebiyet verebileceği 2003-2014 dönemlerinde çalılık olan arazilerin bir süre sonra tamamen dikenli ormana dönüştüğü gözlemlenmiştir.

Ormanlarda tarım arazilerine göre fazla TOK bulunması topraktaki minimum bozulma ve yüksek karbon birikimi şeklinde yorumlanmış olup ormanlardan diğer arazilere geçişin TOK oksidasyonu-yükseltgenmesi gibi bir duruma neden olduğu ve bu sebeple toprak organik maddesi kaybının olabileceği görülmüştür. Sonuç olarak toprak organik karbonundaki artış için biyo-gübreleyici uygulamaların ve çok yıllık ekime geçiş ile toprakta organik karbon miktarındaki artışın daha fazla olabileceği düşünülmüştür (Sharma vd., 2019). İrlanda'da toprak organik karbon içeriklerinin mekânsal ve jeokimyasal modellemesi yöntemi kullanılarak haritalamak üzere coğrafi ağırlıklı regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışmada amaçlanan jeokimyasal süreç ve çevresel değişkenlerle modele entegre toplam 1310 örnek ve 5 sınıf olarak yapay yüzeyler, tarımsal alanlar, ormanlar, sulak alanlar ve su kütleleri belirlenmiştir. Sonuç olarak yağışın, toprak örtüsü ve toprak türünün organik karbon stoğuna etkili olduğu görülmüştür (Zhang vd., 2011).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Araştırma Alanının Genel Özellikleri

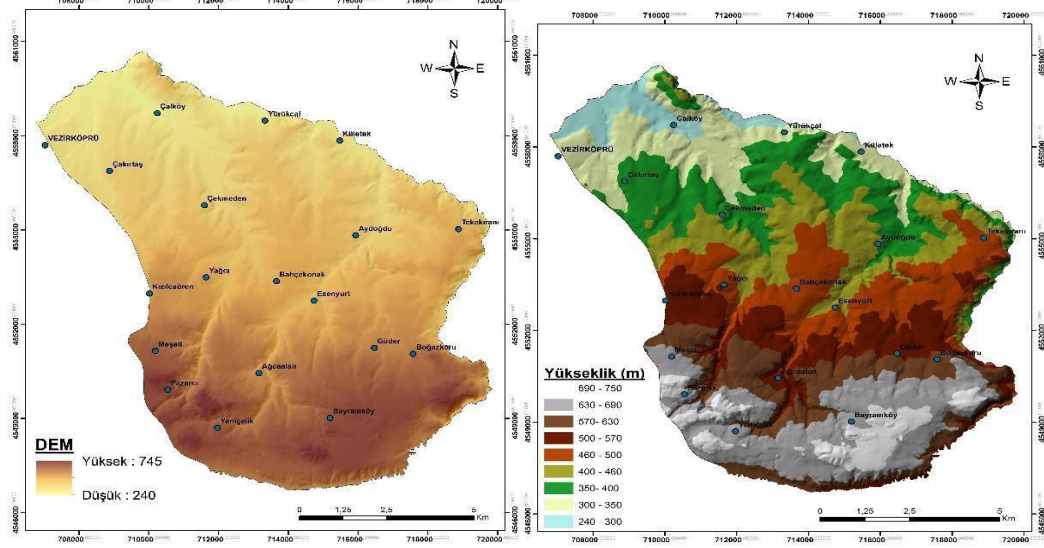
Bu çalışma Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun ilinin Vezirköprü ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. 35° 01'-35° 48' doğu boylamları ile 41° 00' - 41° 19' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Yüzölçümü 1713 km<sup>2</sup> olan Vezirköprü ilçesi, Samsun iline 115 km'lik bir mesafededir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldur haritası

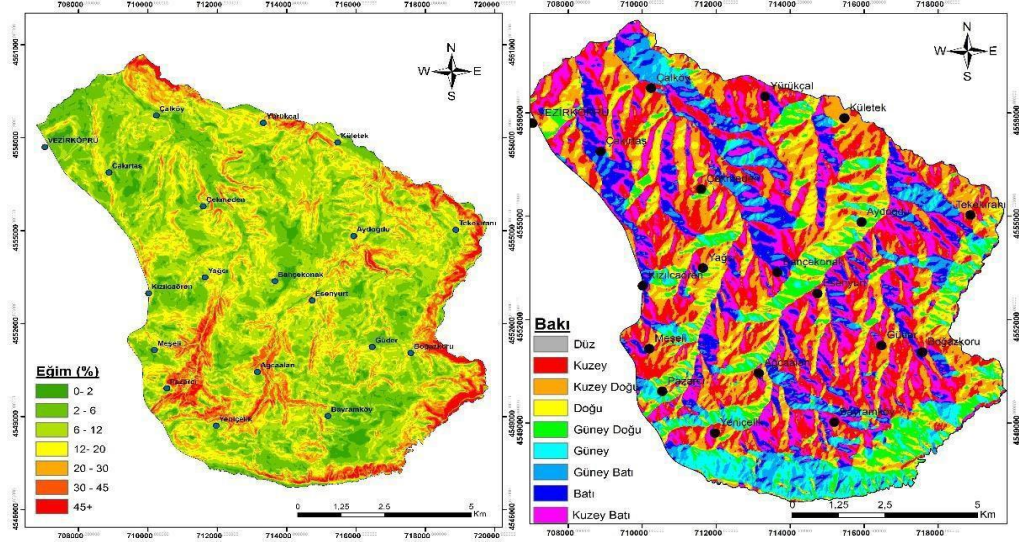
İlçeyi batıdan Boyabat ve Osmancık, doğudan Havza, güneyden Gümüşhacıköy ve Merzifon ilçeleri çevrelerken kuzeyinde Alaçam ve Bafra ilçeleri yer almaktadır. İlçenin Güneydoğu sınırında kalan çalışma alanı, Ağcaalan, Aydoğdu, Bahçekonak, Bayramköy, Boğazkoru, Çakırtaş, Çalköy, Çekmeden, Esenyurt, Güder, Kızılcaören, Kületek, Meşeli, Pazarcı, Tekekıranı, Yağcı, Yeniçelik, Yürükçal kısımlarını da içerisine almaktadır.

Toplam çalışma alanı 111 km<sup>2</sup> olup, 708.000-720.000 D-B ve 4.560.000 - 4.561.000 K-G (WGS84 Zone 36 UTM m) koordinatları arasındadır. Çalışma alanı ortalama deniz seviyesinden yükseklik olarak 240 m ile 750 m arasında değişmektedir. Çalışma alanına ait dem (sayısal yükseklik modeli) ve yükselti haritaları Şekil 3.2’de verilmiştir.



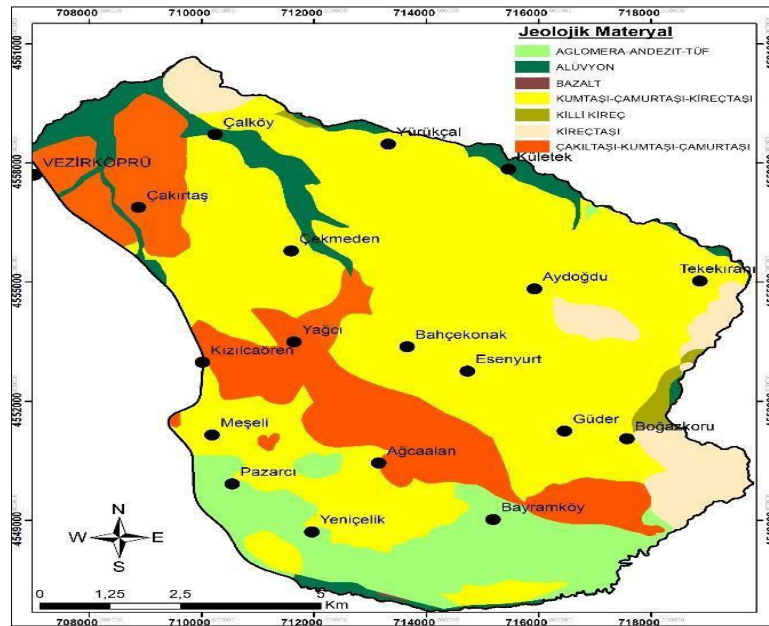
Şekil 3.2. Çalışma alanı DEM ve yükselti haritası

Çalışma alanının eğim ve bakı haritaları Şekil 3.3’te verilmiştir. Alanın büyük bir bölümü düz düze yakın % 0-2 eğim ile hafif ve orta dik eğim olarak % 6-12’den oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzey doğu sınır alanına yakın kesimleri ile güney kesimlerinde dağılım gösteren küçük alanlarında eğim artmaktadır. Yine çalışma alanını güney, güney doğu ve orta kesimlerde çoğunlukla kuzey doğu, doğu ve güney doğu bakılara sahip olduğu gözlemlenirken kuzey ve kuzey batı kesimleri ise kuzey, kuzey doğu, batı ve güney batı bakılarına sahiptir.



Şekil 3.3. Çalışma alanı eğim haritası

Çalışma alanının jeolojik desenini veren harita Şekil 3.4’de verilmiştir. Alanın büyük bir kısmı kum taşı-çamur taşı-kireç taşı ardalanmasından oluşurken, alanın güney doğusunda çok az bir alan içerisinde killi kireç taşı yer almaktadır. Ayrıca alanın ortasında ve kuzey batısında çakıl taşı-kum taşı-çamur taşı ardalanması yer almaktadır. Çoğunlukla alanın kuzeyinde alüvyon depozitler dağılım gösterirken, güneyinde volkanik materyallerden olan aglomera, andezit ve tuf materyalleri bulunmaktadır.



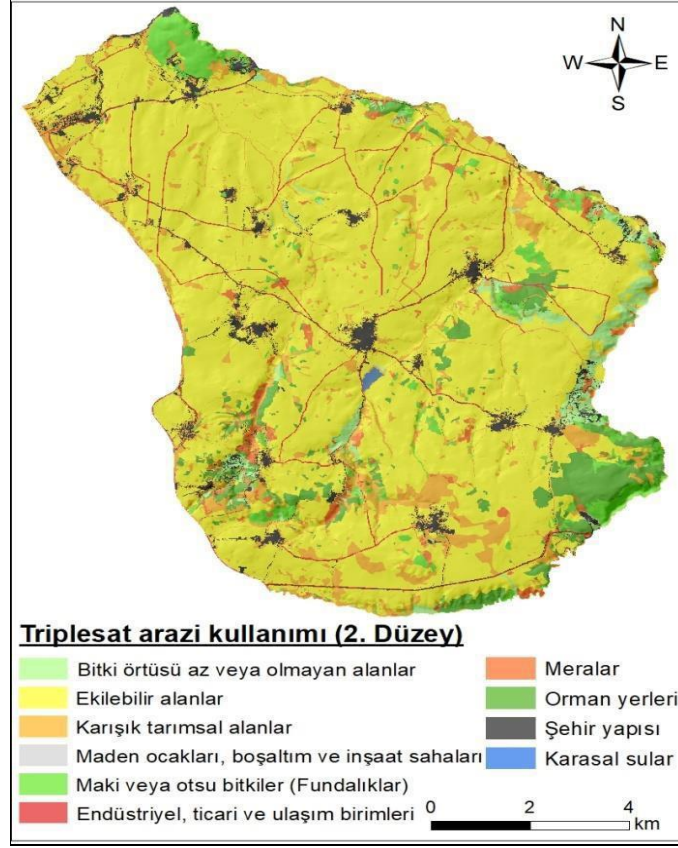
Şekil 3.4. Çalışma alanı jeoloji haritası

04.06.2018 tarihli ve 80 cm çözünürlüğe sahip TRIPLESAT arşiv uydu görüntüsünü uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak arazi kullanım haritaları CORINE 2. seviyeye göre üretmişlerdir (Kaya ve ark., 2020). Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzey sınıflarına göre arazi kullanımı ve arazi örtüsü alansal dağılımları Tablo 3.1 ve Şekil 3.5’de verilmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmını yaklaşık %70.1’i ekilebilir alanlar, %10.8 ise karışık tarım alanları, %5.1’i orman alanları oluşturmaktadır. Alanın %4.8’ini ise endüstriyel, ticari, ulaşım birimleri, maden ocakları, inşaat sahaları, şehir alanları ve yapay alanlardan oluşturmaktadır.

Tablo 3.1. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzey sınıflarına göre arazi kullanımı ve arazi örtüsü alansal dağılımları

Arazi kullanımı	Triplesat	
	Alan (ha)	Oran (%)
Bitki örtüsü az veya hiç olmayan alanlar	349	3.1
Ekilebilir alanlar	7882	70.1
Karışık tarımsal alanlar	1214	10.8
Maden ocakları ve inşaat alanları	12	0.1
Maki veya otsu alanlar	452	4.0
Endüstriyel, ticari ve ulaşım alanları	85	0.8
Mera alanları	235	2.1
Orman alanları	571	5.1
Şehir alanları	439	3.9
Sulak alanlar	12	0.1
Toplam	11251	100.0

Vezirköprü iklim koşulları bakımından kıyı kuşağının nemli ılıman iklim tipi ile iç kesimlerin karasal iklim tipi arasında, geçiş kuşağının kendine özgü termik ve nemlilik özellikleriyle ayrılmakta kışları kıyıya göre daha soğuk (Ocak ayı ortalama sıcaklık 2.5 °C), yazın ise daha sıcak geçmektedir (Ağustos ayı aylık ortalama sıcaklık 22.3 °C)’dir. Uzun yıllık ortalamalara göre yıllık yağış miktarı 500 mm'nin üzerinde bulunmakta, yüksek kesimlerde yağış artışıyla birlikte kar şeklinde yağışların da etkili olduğu görülmektedir. Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde dağılım gösteren toprakların jNSM 1.6.0 - Java Newhall Simülasyon Modeli (Newhall ve Berdanier, 1996; Van Wambeke vd., 1986, Van Wambeke, 2000) yardımıyla toprak ve nem rejimleri belirlenmiştir.



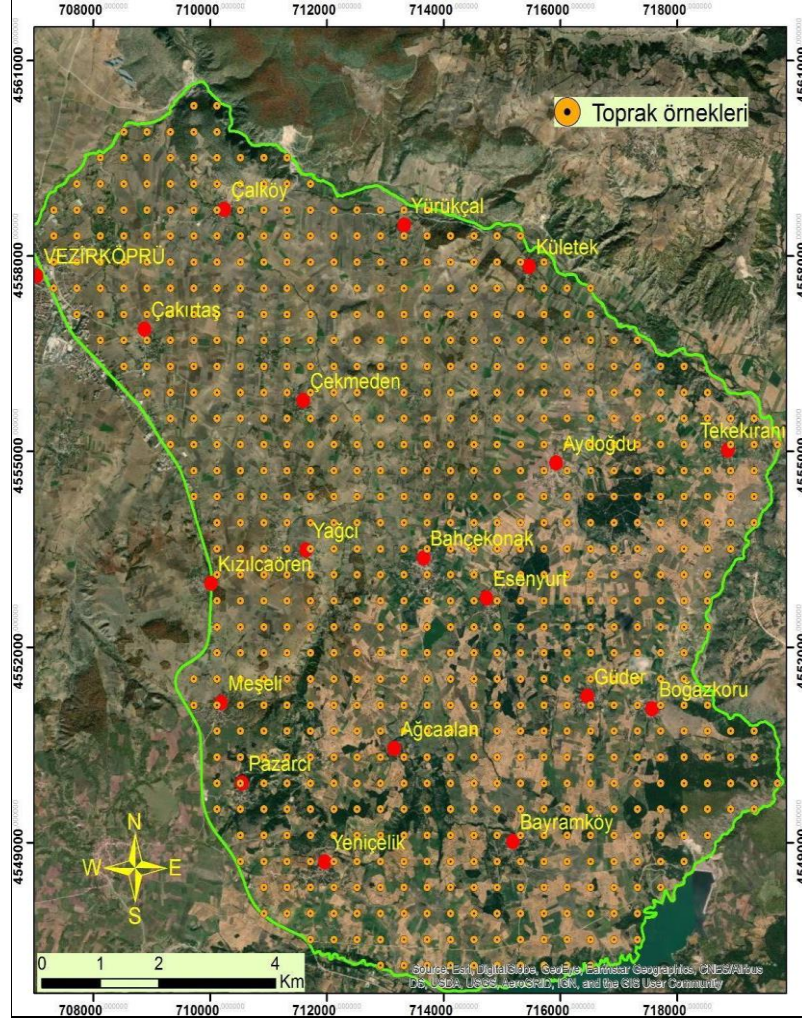
Şekil 3.5. Triplesat uydu görüntülerinin CORINE 2. düzeye göre sınıflandırılmış arazi kullanımı ve arazi örtüsü dağılım haritası

Veziroköprü istasyonuna ait uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış verileri dikkate alınmıştır (Tablo 3.2). Toprak sıcaklık rejimi Mesic, toprak nem rejimi ise Typic Xeric olarak bulunmuştur (Şekil 3.6). Newhall modeli ile elde edilmiş olan toprak sıcaklık ve nem dağılım grafikleri ile toprak su yönetimi ve kuraklık açısından, yapılacak olan çalışmalar için önemli bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmektedir.

Tablo 3.2. Veziroköprü meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık değerleri

Veziroköprü İstasyon	AYLAR												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Yağış(mm)	36.5	31.7	37.3	56.7	72	65.8	30.5	22.1	23.2	52	46.2	46.2	520.2
Sıcaklık(°C)	AYLAR												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
	2.1	3.4	7.5	12.2	16	19.7	22.1	22.5	18.9	13.8	7.6	3.9	12.5





Şekil 3.7. Çalışma alanı toprak örneklerinin noktasal dağılım haritası

### 3.2.2. Laboratuvar Çalışması

Toprak örnekleri analize hazırlanmak için ön işlemlerden geçirilmek amacıyla laboratuvara getirilmiştir. Hava kuru hale getirilen toprak örnekleri kök parçacıkları, iri taşlar ve çakıllardan temizlenerek küçültülmüş ve ardından alınan bu toprak örnekleri 2mm'lik eleklerden elenerek analize hazır hale getirilmiştir (Müftüoğlu vd., 2012).

Bünye (Tekstür) Analizi (Bouyoucos, 1951) Yöntemi: Hidrometre yöntemidir.

Hacim Ağırlık (Black,) Yöntemi: Örnekler 105 derece etüvde sabit ağırlığa gelenekadar bırakılmıştır (Black, 1965).



Şekil 3.8. Tekstür analizi

Kireç Tayini (Scheibler) Yöntemi: Serbest karbonatların kalsimetre ile tayini yapılmıştır (Soil Survey Staff, 1993).

Toprak Reaksiyonu (pH) Tayini: Saturasyon çamurunda pH metre elektrodu ile ölçülmüştür (Soil Survey Laboratory, 1992).

Elektriksel İletkenlik (EC Kondaktivimetre): Saturasyon çamurunda EC metre ile belirlenmiştir (Soil Survey Laboratory, 1992).

Organik Madde Analizi (Walkley-Black) Yöntemi: Organik karbon miktarları yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Walkley-Black 1934).



Şekil 3.9. Organik madde tayini

Birim alanda depolanmış organik karbon miktarının belirlenmesinde 0-20cm ve 20-40cm. herbir derinlik örneği için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$\text{TOK} = \frac{(1 - \delta i\%) \times \rho_i \times C_i \times T_i}{100}$$

Ayrıca, her bir farklı toprak sınıfının temsil ettiği pedon içerisinde yer alan organik karbon miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılarak hesaplama işlemi yapılmıştır.

$$\text{TOK} = \sum_{i=1}^n \frac{(1 - \delta i\%) \times \rho_i \times C_i \times T_i}{100}$$

Burada TOK: Toprak organik karbonu,  $\delta_i$ : 2 mm'den büyük kaba fraksiyon miktarını,  $\rho_i$ : hacim ağırlığı (gr/cm<sup>3</sup>),  $C_i$ : organik karbon miktarını,  $T_i$ : alınan toprak örneğinin derinliğini ve  $n$ : derinliği ifade etmektedir. Hacim ağırlığı belirlenirken; açılan profillerde her bir horizon için 5.3 cm çapında ve 6 cm yüksekliğindeki çelik silindirler yardımıyla alınan örneklerin hacim ağırlığı belirlenmiştir.

### 3.2.3. Tanımlayıcı İstatistik Yöntemleri

Yapılan çalışmada örnekleme alınan alanlardaki toprak özelliklerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık değerlerine ait tanımlayıcı parametreler SPSS programı (SPSS 21) yardımı ile hesaplanmıştır. Her bir verimlilik göstergesi için benzer şekilde tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır.

### 3.2.4. Jeostatistik ve Haritalama İşlemleri

TOK belirlenen her bir toprak örnek noktası için, jeostatistik modeller kullanılması suretiyle en uygun model belirlenerek alanın TOK stok dağılım haritası üretilmiştir. Bu bağlamda; çalışma alanı topraklarının toprak özellikleri, TOK stok yöntemine göre hesaplanmış ve hesaplamada kullanılan parametrenin yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere tüm alan içerisindeki dağılım haritaları üretilmiştir. Ayrıca, bu parametrelerin kullanılmasıyla hesaplanan toprak organik karbonu dağılım haritası oluşturulmuştur.

Çalışma alanında yapılan toprak örnekleme sonucu alınan koordinatlı toprak örneklerinin analiz sonuçları ve tüm coğrafik veriler jeoistatistiksel metotlar yardımıyla ArcGIS 10.2.2 programıyla birleştirilmiş, işlenmiş ve haritalar oluşturulmuştur. Jeostatistik teknikler çalışılan özelliklerin ve hesaplanan TOK değerlerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin ifade edilmesinde ve haritalanmasında kullanılmıştır (Goovaerts, 1999; Mulla ve Mc Bratney, 2000). Haritalama öncesi verilerin normal dağılım göstermeyen örneklerin özelliklere uygun dönüşümleri tamamlanmış ve haritalama kısmında Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW), Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Kriging yöntemleri kullanılarak haritalama işlemi ArcGIS 10.2.2 programı kullanılarak yapılmıştır. “ArcGIS 10.2.2 Geostatistical Extension” programı ile üretilen haritalarda (ME) tahminin ortalama hatası ve (RMSE) tahmininin standardize ortalama hatalar karekökü kriterleri kullanılmak esasıyla yapılmıştır. Yapılan haritada, tahminin ortalama hatası 0’a yakın ve tahminin standardize ortalama hatalar karekökü ise 1’e yakın olarak haritanın doğruluğu açısından sıkıntısız bir kontrol niteliğinde esaslanmıştır (Johnston vd., 2001).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Tanımlayıcı İstatistik

Çalışma alanından yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm)'den alınan toprak örneklerinde toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerine ve TOK stoğuna ait analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de sunulmuştur. Normal dağılım simetrik bir dağılımdır. Normal dağılımda simetrikliğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denir. Dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesine basıklık (kurtosis) denilmektedir (Yıldız vd., 1998). Ayrıca bu özelliklerin yanı sıra parametrelerin ortalama, en düşük ve en yüksek değerleri gibi temel istatistik sonuçları da Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

#### 4.1.1. Yüzey (0-20 cm) Toprak Örnekleri

Çalışma alanında yüzeyden alınan 658 toprak örneğinde 10 farklı fiziko-kimyasal özellik incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 incelendiğinde çarpıklık katsayıları  $\text{CaCO}_3$  ve HA normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak kil ve pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken normal dağılım göstermeyen özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Wilding (1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (% 15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants vd., 1996). Bu sınıflandırmaya göre çalışma alanında OM, OC, HA ve pH düşük değişkenlik özelliği gösterirken, diğer toprak özelliklerinin ise yüksek değişkenlikte olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı yüzey topraklarının (0-20 cm) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri içerisinde yer alan pH 5.02-8.75, EC 38.10-1874  $\mu\text{S/m}$ , kil % 4.23-69.20, kum % 13.04-61.93, silt % 8.66-75.18, organik madde % 0.27-6.24,  $\text{CaCO}_3$  % 0.62-38.16, hacim ağırlığı 1.20- 1.59  $\text{gr/cm}^3$  ve TOK 4.79-94.10 ton/ha arasında değişmektedir.

Tablo 4.1. Yüzeysel topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	Ortalama	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı*	Varyans	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Çarpıklık**	Basıklık
CaCO <sub>3</sub> (%)	10.61	7.29	37.53	53.28	0.62	38.16	0.49	-0.16
Silt (%)	22.94	5.40	66.52	29.21	8.66	75.18	1.74	13.32
Kum (%)	31.65	8.99	48.89	80.92	13.04	61.93	0.75	0.52
Kil (%)	45.40	9.29	64.97	86.40	4.23	69.20	-0.60	0.92
OM (%)	2.38	0.974	5.97	0.94	0.27	6.24	1.10	1.67
OC (%)	1.38	0.56	3.46	0.32	0.16	3.62	1.10	1.67
HA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.36	0.05	0.39	0.00	1.20	1.59	0.41	0.26
pH	7.80	0.53	3.73	0.28	5.02	8.75	-2.03	4.67
EC (µS/cm)	379.55	233.26	1835.90	54411.04	38.10	1874.00	3.27	14.13
TOK (ton/ha)	37.52	14.87	89.31	221.41	4.79	94.10	0.98	1.27

\*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

\*\*Çarpıklık: < | 0,5 | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

#### 4.1.2. Yüzeysel Altı (20-40 cm) Toprak Örnekleri

Çalışma alanında yüzeysel altından alınan 638 toprak örneğinde 10 farklı fiziko-kimyasal özellik incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Tablo 4.2.). Tablo 4.2 incelendiğinde çarpıklık katsayıları hacim ağırlığında normal dağılım sergilerken, diğer özellikler ise normal dağılımdan uzak dağılım içerisinde. Ayrıca, normal dağılımdan uzak kil ve pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılmayan özellikler ise pozitif (sağa) çarpıklık göstermektedir. Değişkenlik katsayısına göre, çalışma alanında OM, OC, HA ve pH düşük değişkenliğe sahip iken diğer toprak özellikleri ise yüksek değişkenliktedir.

Çalışma alanı yüzeysel altı (20-40 cm) topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri içerisinde pH 3.11-8.45, EC 12.00-19.24 µS/m, kil % 3.21-69.23, kum % 10.93-70.05, silt % 2.31-50.91, organik madde % 0.20-5.52, CaCO<sub>3</sub> % 0.47-47.72, hacim ağırlığı 1.21-1.62 gr/cm<sup>3</sup> ve TOK 5.16-8.86 ton/ha arasında değişmektedir.

Tablo 4.2.Yüzey altı topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımlayıcıistatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	Ortalama	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı*	Varyans	En Düşük Değer	En Yüksek Değer	Çarpıklık**	Basıklık
CaCO <sub>3</sub> (%)	11.30	7.78	47.25	60.60	0.47	47.72	0.63	0.50
Silt (%)	22.05	5.71	48.60	32.69	2.31	50.91	0.75	2.69
Kum (%)	30.82	9.46	59.12	89.54	10.93	70.05	0.90	1.10
Kil (%)	47.04	9.78	66.02	95.79	3.21	69.23	-0.62	0.91
OM (%)	1.75	0.77	5.32	0.59	0.20	5.52	0.90	1.71
OC (%)	1.01	0.44	3.08	0.20	0.11	3.20	0.90	1.71
HA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.37	0.07	0.41	0.00	1.21	1.62	0.49	-0.08
pH	27.79	12.08	81.34	146.01	3.11	8.45	0.86	1.43
EC (μS/m)	314.43	185.53	1912.00	34423.57	12.00	1924.00	4.51	30.41
TOK (ton/ha)	7.95	0.49	3.70	0.24	5.16	8.86	-2.13	5.97

\*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

\*\*Çarpıklık: < |T<sub>0,5</sub> - T<sub>0,95</sub>| = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

#### 4.1.3. Toprak Özellikleri ve TOK Değerlerinin Enterpolasyon Analizleri

Çalışmada ele alınan fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile TOK değerinin alansal dağılımının belirlenmesinde en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden IDW, RBF (Spline) deterministik yöntemler olarak kabul edilirken, stokastik yöntemlerden de (temelde Kriging olarak da bilinmektedir) doğal (ordinary), evrensel (universal), basit (simple) kriging modelleri kullanılmıştır. Modellerin karşılaştırılmalarında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren diğer bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanını belirleyebilmek için birçok çalışmada farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir. Genel anlamda en yaygın olarak kullanılan yöntemler; ortalama mutlak hata (MAE) ve karesel ortalama hata (RMSE) yaklaşımlarıdır. Yapılan bu çalışma için RMSE yaklaşımı seçilmiş ve enterpolasyon dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan 15 model (Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW); 1, 2, 3, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF); Thin Plate Spline, Completely Regularized Spline, Spline With Tension, Kriging; Doğal (Ordinary), Basit (Simple), Evrensel (Universal) karşılaştırılmıştır.

En düşük RMSE değerini veren model, en uygun model olarak değerlendirilmiştir. RMSE'nin hesaplanmasında şu formül kullanılmıştır.

Eşitlikte:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

$Z_i$ : tahmin edilen değer,  $Z_i^*$ : ölçülen değer ve  $n$  örnek sayısını ifade etmektedir.

Gerek yüzey ve gerek yüzey altı toprak özellikleri ile TOK değerleri için her bir modelin RMSE değeri belirlenmiştir. Modellere ait RMSE değerleri Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de verilmiştir.

Yüzey topraklarının fiziko kimyasal özellikleri içerisinde yer alan silt oranı dağılım haritasının oluşturulmasında IDW'nin 1. Kuvveti en iyi model olarak belirlenirken, kil ve kum oranlarının alan içerisinde dağılımları için Doğal (Ordinary) kriging'in üssel modeli en uygun modeldir. Ayrıca bu model toprakların HA ve pH dağılım haritalarının oluşturulması açısından da uygundur. Toprakların OM, OC ve TOK dağılımlarında, IDW'nin 2. Kuvveti, EC ve CaCO<sub>2</sub> için ise en iyi dağılım modelini Basit (Simple) kriging'in üssel modeli vermiştir.

Yüzey altı toprakları için ele alınan parametrelerde OM ve OC IDW'nin 1. Kuvveti en iyi model, kil ve silt oranlarının alan içerisinde dağılımları için Basit (Simple) kriging'in üssel modeli en uygun olarak belirlenmiştir. Bu model ayrıca EC ve kireç dağılım desenlerinin belirlenmesi için de uygun bulunmuştur. Kum oranının alan içerisindeki en uygun dağılım modeli ise Basit (Simple) kriging'in küresel modeli iken bu model hacim ağırlığı için de en uygun modeldir.

Tablo 4.3. Yüzey topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait kare kök ortalama hata (RMSE) değerleri

	Ters Mesafe Ağırlıklandırması (IDW)			Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)			Kriging								
	1	2	3	Spline With Tension (eğrisel)	Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel)	Thin Plate Spline (ince eğrisel)	Doğal (Ordinary)			Basit (Simple)			Evrensel (Universal)		
							Küresel	Üssel	Gaussian	Küresel	Üssel	Gaussian	Küresel	Üssel	Gaussian
pH	0.4172	0.4107	0.4079	0.4055	0.4057	0.4438	0.4062	<u>0.4046</u>	0.4074	0.4277	0.4187	0.4316	0.4062	0.4046	0.4074
EC	229.5881	228.6662	229.0741	229.9999	231.4574	255.0174	226.0020	225.7471	226.9342	226.2499	<u>225.1305</u>	225.6804	226.0020	225.7471	226.9342
CaCO <sub>3</sub>	5.6816	5.6520	5.6612	5.7275	5.7492	6.2255	5.7175	5.6791	5.7536	5.6719	<u>5.6316</u>	5.7637	5.7175	5.6791	5.7536
OM	0.8694	<u>0.8665</u>	0.8685	0.8737	0.8817	0.9940	0.8785	0.8780	0.8786	0.8868	0.8811	0.8877	0.8785	0.8780	0.8786
Kil	8.2869	8.2521	8.2656	8.2474	8.2906	9.1016	8.3075	<u>8.2424</u>	8.2776	8.3458	8.2618	8.3833	8.3075	8.2424	8.2776
Silt	<u>5.1591</u>	5.1847	5.2425	5.2679	5.3447	6.1991	5.1860	5.1836	5.1871	5.1605	5.1656	5.1605	5.1860	5.1836	5.1871
Kum	8.0683	8.0619	8.0983	8.0985	8.1801	9.2489	8.0304	<u>8.0292</u>	8.0362	8.0936	8.0348	8.1318	8.0304	8.0292	8.0362
TOK	13.2190	<u>13.1598</u>	13.1816	13.2440	13.3590	15.0922	13.3047	13.2989	13.3265	13.5147	13.4262	13.6007	13.3047	13.2989	13.3265
OC	0.5044	<u>0.5027</u>	0.5039	0.5069	0.5115	0.5768	0.5096	0.5094	0.5097	0.5137	0.5110	0.5149	0.5096	0.5094	0.5097
HA	0.0543	0.0542	0.0544	0.0546	0.0551	0.0617	0.0543	<u>0.0541</u>	0.0543	0.0543	0.0541	0.0545	0.0543	0.0541	0.0543

Tablo 4.4. Yüzey altı topraklarının enterpolasyon yöntemlerine ait kare kök ortalama hata (RMSE) değerleri

	Ters Mesafe			Radyal Tabanlı			Kriging								
	Ağırlıklandırması (IDW)			Fonksiyon(RBF)			Doğal (Ordinary)			Basit (Simple)			Evrensel (Universal)		
	1	2	3	Spline With Tension (eğrisel)	Completely Regularized Spline (düzenlenmiş eğrisel)	Thin Plate Spline (ince eğrisel)	Küresel	Üssel	Gaussian	Küresel	Üssel	Gaussian	Küresel	Üssel	Gaussian
pH	0.4045	0.4009	0.4017	0.3999	0.4037	0.4694	0.3987	0.3988	<u>0.3974</u>	0.4114	0.4070	0.4166	0.3987	0.3988	0.3974
EC	178.843	179.3885	181.7510	182.3332	185.1910	211.8876	175.7518	175.9169	176.4051	175.4702	<u>175.1645</u>	175.4029	175.7518	175.9169	176.4051
CaCO <sub>3</sub>	6.2027	6.1465	6.1392	6.1661	6.1714	6.6957	6.2424	6.1973	6.3394	6.2293	<u>6.1180</u>	6.3074	6.2424	6.1973	6.3394
OM	<u>0.7174</u>	0.7196	0.7250	0.7267	0.7353	0.8411	0.7270	0.7258	0.7268	0.7214	0.7204	0.7219	0.7270	0.7258	0.7268
Kil	8.9294	8.9718	9.0688	9.0114	9.1383	10.5135	8.9319	8.9166	8.9522	8.9162	<u>8.8870</u>	8.9316	8.9319	8.9166	8.9522
Silt	5.6630	5.6650	5.6975	5.7108	5.7781	6.5418	5.7480	5.7543	5.7526	5.5831	<u>5.5790</u>	5.5874	5.7480	5.7543	5.7526
Kum	8.8333	8.9091	9.029	9.0064	9.1510	10.6307	8.7420	8.7466	8.7486	<u>8.7201</u>	8.7343	8.7262	8.7420	8.7466	8.7486
TOK	11.3055	11.3266	11.3995	11.4390	11.5726	<u>13.2299</u>	11.4140	11.4031	11.4442	11.3501	11.3297	11.3571	11.4140	11.4031	11.4442
OC	<u>0.4161</u>	0.4174	0.4205	0.4215	0.4265	0.4879	0.4217	0.4210	0.4216	0.4184	0.4178	0.4187	0.4217	0.4210	0.4216
HA	0.0657	0.0661	0.0670	0.0668	0.0679	0.0788	0.0655	0.0655	0.0656	<u>0.0654</u>	0.0654	0.0655	0.0655	0.0655	0.0656

## **4.2. Yüzey ve Yüzey Altı Toprak Özelliklerinin TOK Konumsal Dağılımları**

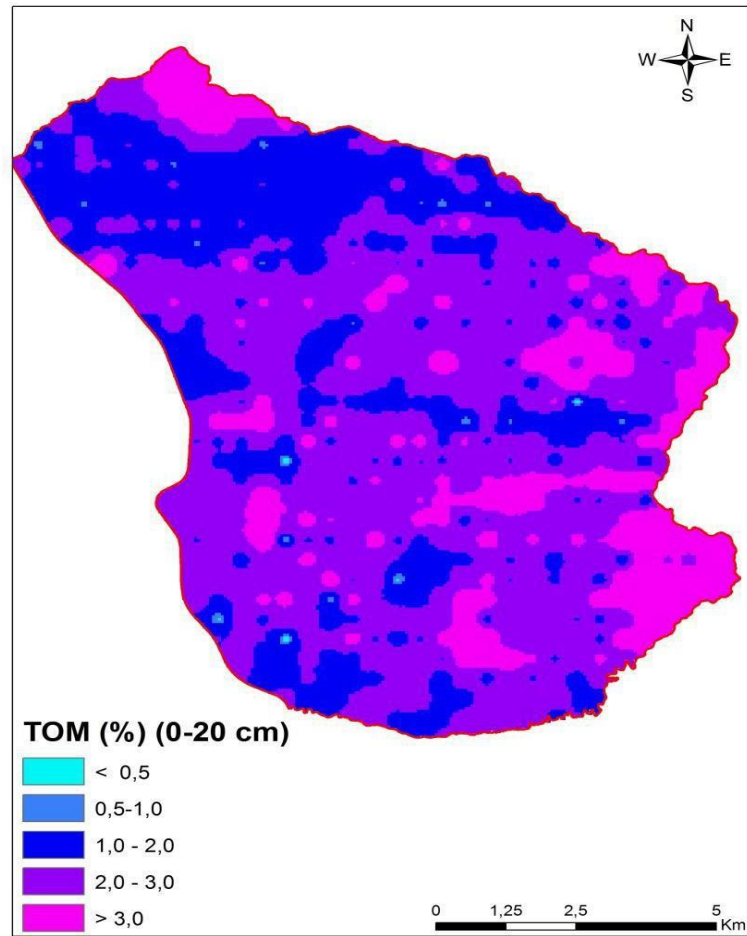
### **4.2.1. Toprakların Organik Madde Dağılımı**

Çalışma alanında girid yöntemine göre 658 adet olarak alınan yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde organik madde miktarlarına yönelik dağılım Tablo 4.5’de ve Şekil 4.1’ de verilmiştir. Organik madde miktarına yönelik yüzey topraklarında dağılım genelde orta ve iyi düzey olarak belirlenmiştir. Bilindiği gibi organik maddenin topraklarda birikmesinin en önemli nedenleri yağış ve vejetasyonun yanı sıra toprakların fiziko-kimyasal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Örneklerin organik madde miktarı % 0.27-%6.23 arasında değişiklik göstermiştir. Örneklerin % 62.15’i iyi ve çok iyi, % 3.48’i düşük ve çok düşük olarak belirlenmiştir (Tablo 4.5). Ayrıca organik maddenin alan içerisinde dağılım deseni incelendiğinde alanın kuzey-kuzey batı kesimlerinde azalma görülürken, özellikle güney ve güney doğu kesimlerinde artış olduğu tesbit edilmiştir. Çalışma alanında yüzey örneklerinde bulunan toprak organik maddesi 0.8665 değeri ile en düşük IDW 2’de gözlemlenirken, yüzey altı kısmında ise 0.7174 değeri ile IDW 1’de bulunmuştur. Toprak organik maddesindeki bu farklılığın sebebi alandaki arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişim kaynaklanmaktadır. Toprak organik maddesinin arazi kullanım çeşidi ve toprakların derinliği ile yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Tufa ve ark, 2019).

Çalışmalarında, tarım arazileri, orman arazileri ve mera arazileri ile karşılaştırıldığında en yüksek organik maddenin (%5.60) ile orman arazilerinin yüzey toprak örneklerinde, en düşük organik maddenin ise (%2.73) ile mera arazilerinin yüzey altı toprak örneklerinde olduğunu belirlemişlerdir. Mera arazilerinin düşük organik maddeye sahip olmasının nedeni aşırı otlatma ve hayvanların sebep olduğu toprak sıkışması kaynaklı olabileceği şeklinde yorumla yapılmıştır ayrıca tarım arazileri mera arazilerine kıyasla hem yüzeyde hem de derinde daha yüksek organik maddeye sahip olduğundan ve bu durum tarım arazilerinde daha büyük ve uzun köklü bitkiler yetiştirilirken, mera arazilerinde ise daha ince ve kısa köklü bitkilerin yetiştirilmesinden kaynaklı olabileceği şeklinde açıklanmıştır.

Tablo 4.5. Yüzey topraklarının toprak organik maddesi dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20cm Toprak organik madde (%)	0-0.50	Çok düşük	5	0.75
	0.50-1.0	Düşük	18	2.73
	1.0-2.0	Orta	226	34.34
	2.0-3.0	İyi	281	42.70
	> 3.0	Çok iyi	128	19.45



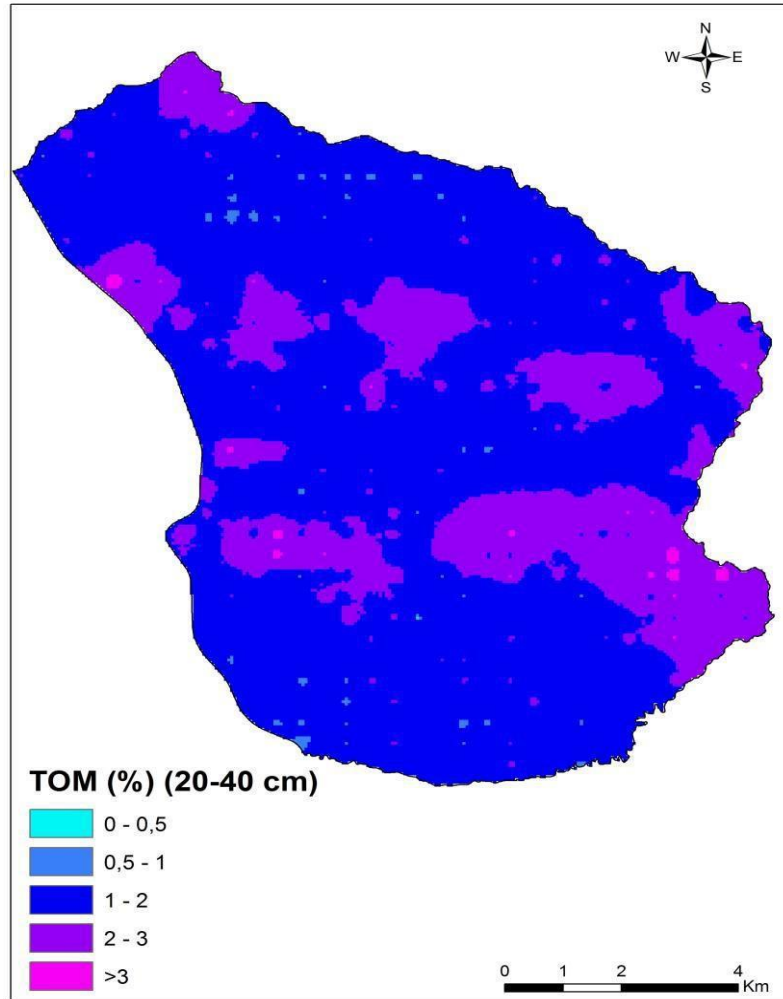
Şekil 4.1. Yüzey topraklarının % organik madde dağılım haritası

Yüzey altı (20-40 cm) 638 adet olarak alınan toprak örneklerinde organik madde miktarlarına yönelik dağılım Tablo 4.6'da ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Yüzey altı topraklarına ait örneklerin %31.97'si iyi ve çok iyi, % 15.35'i düşük ve çok düşük olarak bulunmuştur (Tablo 4.6). Ayrıca, yüzey altından alınan toprak örneklerine ait organik madde dağılımını gösteren harita Şekil 4.2'de verilmiştir.

Şekil 4.2’de görüleceği üzere, yüzey altı topraklarında organik madde dağılım deseninde özellikle kuzey ve güney kesimlerde organik maddece bir azalma eğilimi görülürken orta kesimlerde ise artış görülmektedir.

Tablo 4.6. Yüzey altı topraklarının toprak organik maddesi dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cm Toprak organik madde (%)	0-0.50	Çok düşük	17	2.66
	0.50-1.0	Düşük	81	12.69
	1.0-2.0	Orta	336	52.66
	2.0-3.0	İyi	159	24.92
	>3.0	Çok iyi	45	7.05



Şekil 4.2. Yüzey altı topraklarının % organik madde dağılım haritası

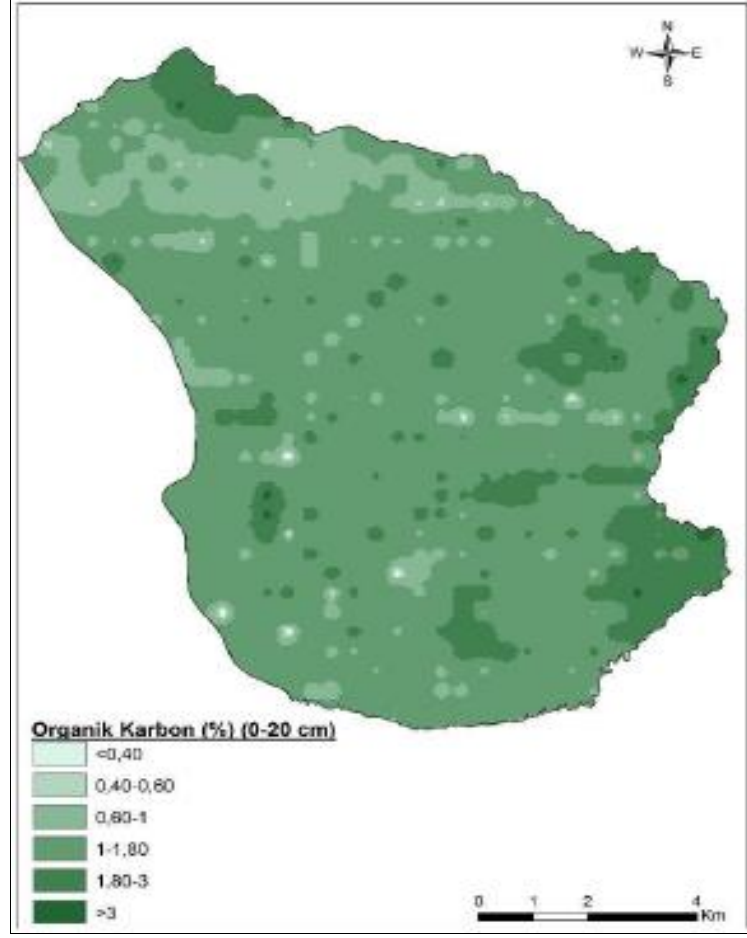
#### 4.2.2. Toprakların Organik Karbon Dağılımı

Çalışma alanından alınan yüzey örneklerinde toprak organik karbonu, toprak organik maddesi ile benzer dağılım deseni göstermektedir. Çalışma alanında yüzey topraklarında orta ve iyi derecede biriken organik karbon % 0.5- % 3.61 aralığında değişiklik göstermektedir. Örneklerin % 17.93'i yüksek ve çok yüksek, % 3.64'i çok düşük ve çok fazla düşük olarak belirlenmiştir (Tablo 4.7). Yüzeyde organik karbon dağılımını gösteren harita Şekil 4.3'de verilmiştir. Toprak organik karbon değerleri çalışma alanı içerisinde dağılım deseninin oluşturulmasında en uygun olarak 0.5027 ile IDW 2'de ve yüzey altı dağılım enterpolasyonunda ise en uygun değer 0.4161 ile IDW 1'de belirlenmiştir. Toprakların alan içerisinde organik karbon farklılığının açıklanmasına dair (Yimer vd., 2008) yılında toprak organik maddesinde olduğu gibi ekili alan, orman alanları ve mera alanlarının karşılaştırılmasını yapmışlar ve ekili alanların orman alanlarına göre daha düşük organik karbon ve toplam azota sahip olduğunu belirlemişlerdir ayrıca bu çalışmada organik karbonun genelde yüzey katmanında alt horizonlara kıyasla daha fazla olduğu da belirtilmiştir.

Tablo 4.7. Yüzey topraklarının organik karbon dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
	<0,40	Çok fazla düşük	6	0.91
0-20cm Organik karbon (%)	0.40-0.60	Çok düşük	18	2.73
	0.60-1	Düşük	125	18.99
	1-1.80	Orta	391	59.42
	1.80-3	Yüksek	107	16.26
	>3	Çok yüksek	11	1.67

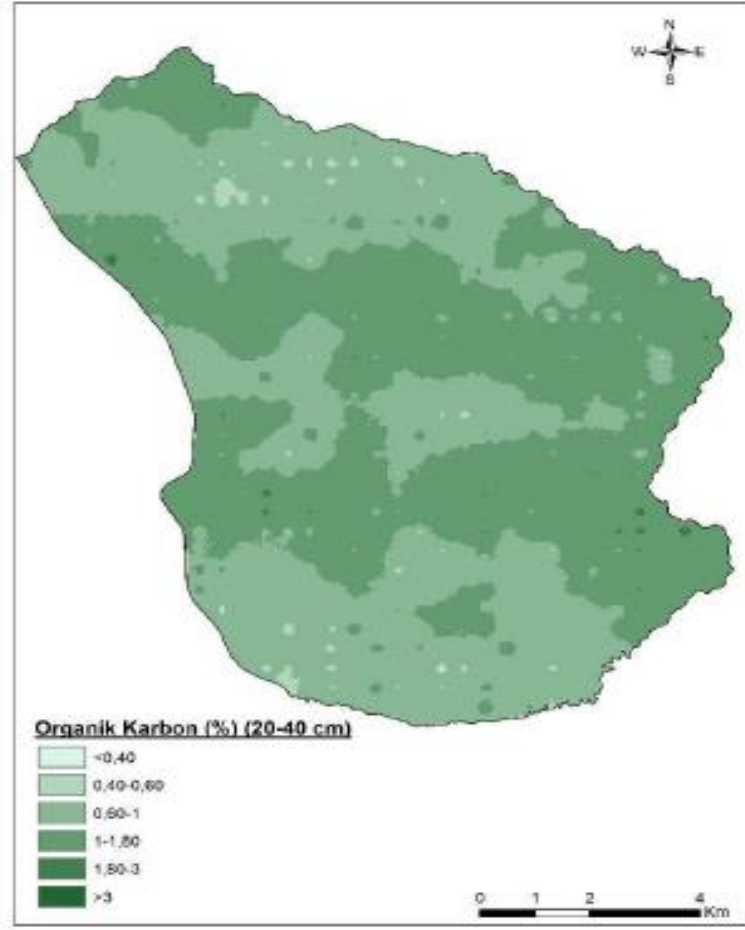
Çalışma alanında 20-40 cm yüzey altından alınan örneklerde organik karbon değerleri, % 5.95'i yüksek ve çok yüksek, % 16.61'i çok düşük ve çok fazla düşüktür (Tablo 4.8.). Yüzeyde organik karbon dağılımını gösteren harita Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Yüzey topraklarının % organik karbon dağılım haritası

Tablo 4.8. Yüzey altı topraklarının organik karbon dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cm Organik karbon (%)	<0.40	Çok fazla düşük	33	5.17
	0.40-0.60	Çok düşük	73	11.44
	0.60-1	Düşük	239	37.46
	1-1.80	Orta	255	39.96
	1.80-3	Yüksek	36	5.64
	>3	Çok yüksek	2	0.31



Şekil 4.4. Yüzey altı topraklarının % organik karbon dağılım haritası

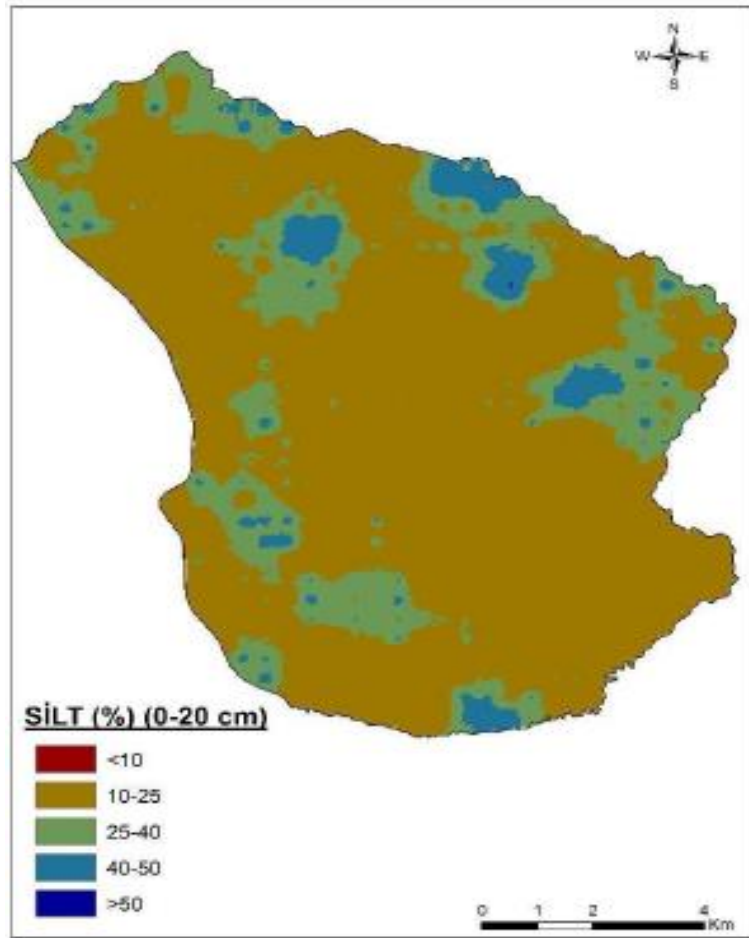
#### 4.2.3. Toprakların Silt Dağılımı

Toprakların önemli fiziksel özelliklerinden birisi olan bünye değişkenliği, içerisinde yer alan silt, kil ve kum oranına bağlı olarak değişmektedir. Çalışma alanındaki yüzey topraklarının (0-20 cm) silt içerikleri %8.66 ile %75.18 arasında değişiklik göstermiştir.

Örneklere ait silt yüzdeleri ve dağılım haritası Tablo 4.9 ve Şekil 4.5. 'de verilmiştir. Toprak örneklerinin % 0.6'sı yüksek ve çok yüksek, % 69.9'u düşük ve çok düşük silt oranına sahiptir. Samsun Vezirköprü ilçesinde yer alan çalışma alanında silt için en uygun yüzey dağılımı RMSE değeri 5.5910 ile IDW1'de, yüzey altı toprakları için ise en uygun RMSE değeri 5.5790 ile Basit Kriging'e ait üssel model olarak bulunmuştur. Toprakların silt oranı alan içerisinde kuzey doğu kesimlerinde parçalı bir desen göstermesine karşılık genelde homojen bir dağılım sergilemektedir.

Tablo 4.9. Yüzey topraklarının silt dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20cmSilt (%)	<10	Çok düşük	4	0.60
	10-25	Düşük	456	69.30
	25-40	Orta	194	29.48
	40-50	Yüksek	3	0.45
	>50	Çok yüksek	1	0.15

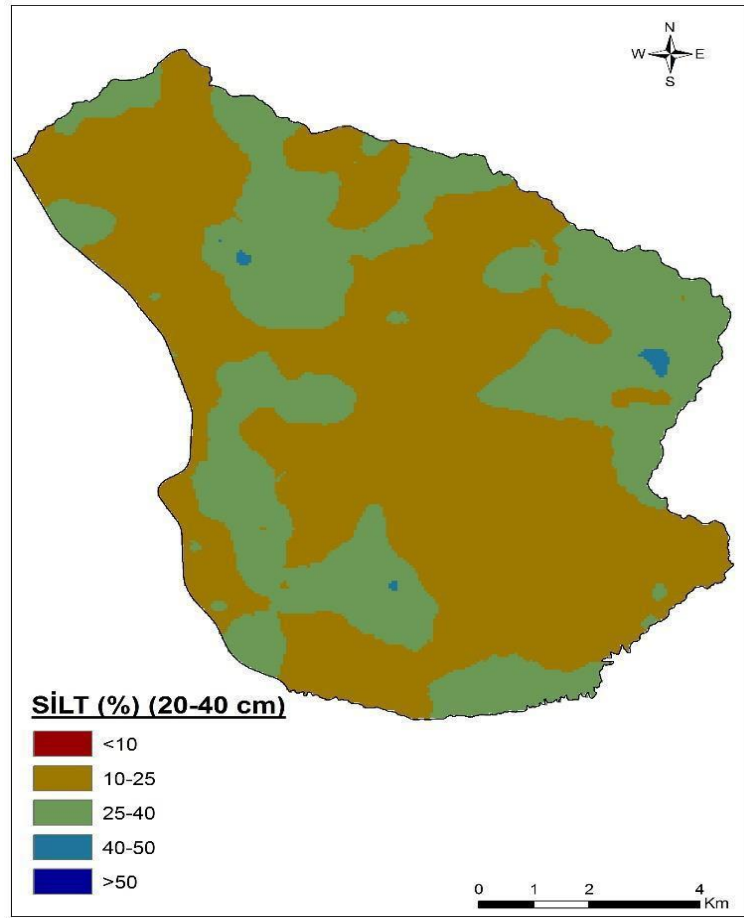


Şekil 4.5. Yüzey topraklarının % silt dağılım haritası

(20-40cm) yüzey altı toprak örneklerin % 0.93'ü yüksek ve çok yüksek, % 74.6'sı düşük ve çok düşük silt oranına sahiptir (Tablo 4.10.). Yüzey altı toprak örneklerindeki silt dağılımını gösteren harita Şekil 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Yüzey altı topraklarının silt dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cm Silt (%)	<10	Çok düşük	5	0.78
	10-25	Düşük	471	73.82
	25-40	Orta	156	24.45
	40-50	Yüksek	4	0.62
	>50	Çok yüksek	2	0.31



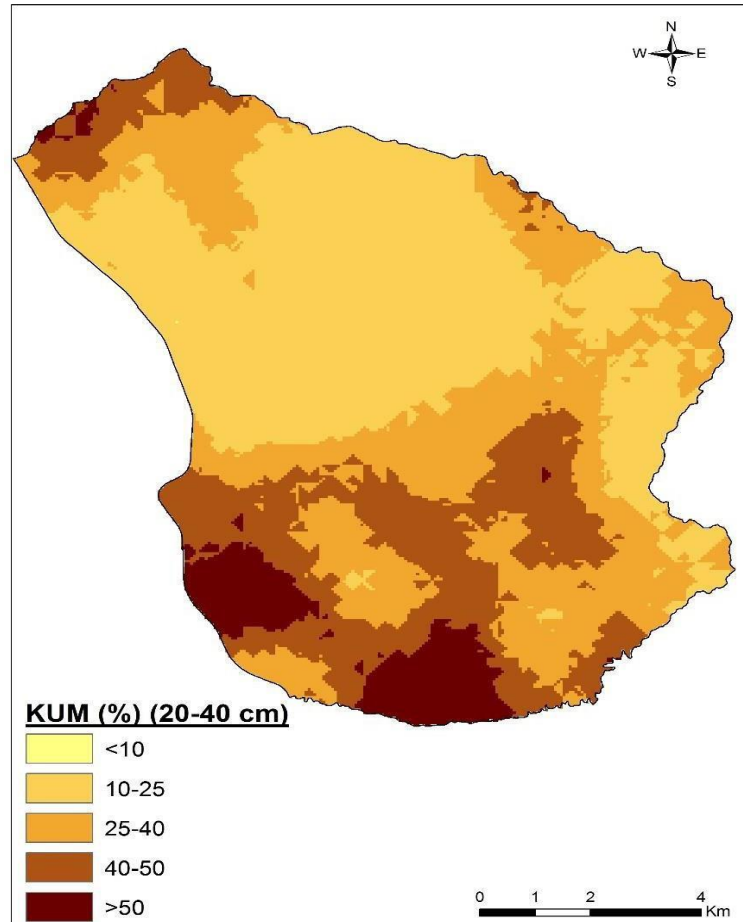
Şekil 4.6. Yüzey altı topraklarının % silt dağılım haritası



Çalışma alanındaki yüzey altı topraklarına ait kum fraksiyonunun oransal değişimi %15.51'i yüksek ve çok yüksek, % 31.3'ü düşük ve çok düşük kum oranına sahip olarak belirlenmiştir (Tablo 4.12 ve Şekil 4.8).

Tablo 4.12. Yüzey altı topraklarının kum dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cm Kum (%)	<10	Çok düşük	0	0
	10-25	Düşük	200	31.34
	25-40	Orta	339	53.13
	40-50	Yüksek	73	11.44
	>50	Çok yüksek	26	4.07



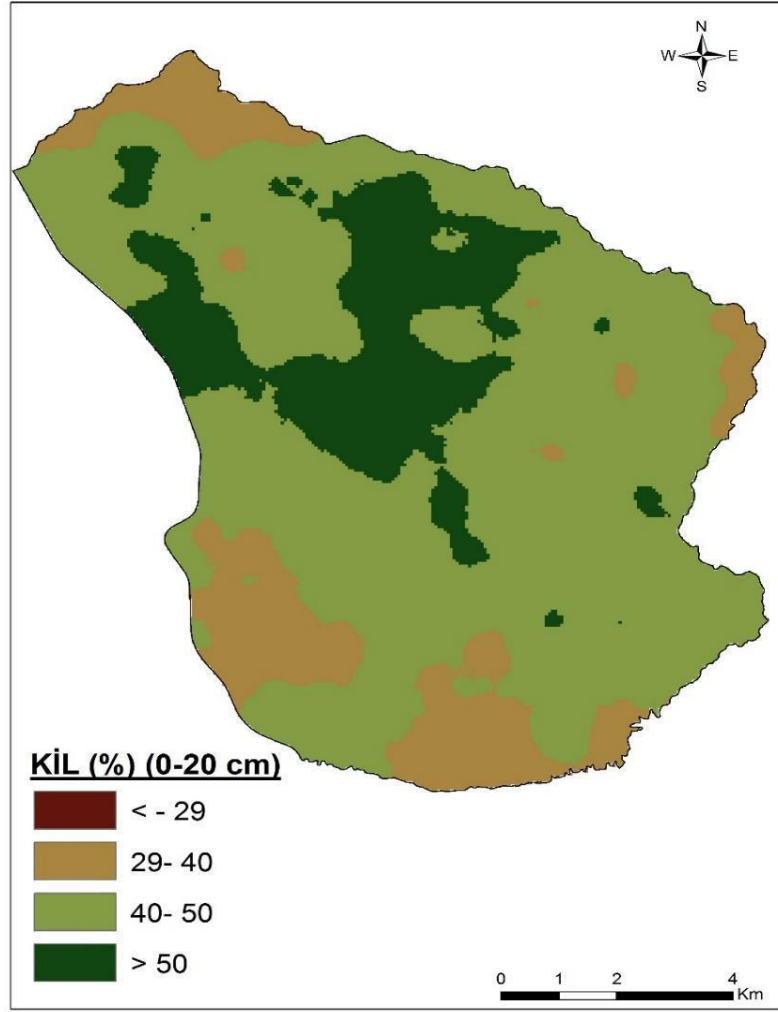
Şekil 4.8. Yüzey altı topraklarının % kum dağılım haritası

#### 4.2.5. Toprakların Kil Dağılımı

Toprak organik karbonunun özellikle toprak içerisinde tutulumu ve birikmesinde önemli rol oynayan faktörlerden birisi de toprakların kil içerikleri ve kil çeşitleridir. Bilindiği gibi, kil yapıları sahip oldukları geniş yüzey alanı ve çok değerlikli katyonlardan dolayı organik karbonu adsorbe etme gibi bir yeteneğe sahiplerdir. Dolayısıyla toprak organik karbonu killerin yüzeyindeki bu çok değerlikli katyonlarla birleşerek organo-mineral kompleks yapıları oluştururlar ve böylece mikrobiyal ve enzimatik ayrışmaya karşı daha dirençli hale gelerek dolaylı olarak toprak organik karbon stoğunu arttırıcı bir rol oynarlar (Jadagamma ve Lal, 2010; Christensen, 2001; Deneff vd., 2002). Çalışma alanındaki yüzey (0-20 cm) toprak örneklerine ait kil fraksiyonu %4.23-%69.19 arasında değişiklik göstermiştir. Yüzey toprak örneklerine ait kil oranlarının değişimi ve alansal dağılımı Tablo 4.13'de ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Örneklerin % 76.58'i yüksek ve çok yüksek, % 2.57'si düşük ve çok düşük kil oranına sahip olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki kil oranlarının dağılım haritalarının oluşturulmasında yüzeyde 8.2424 RMSE değeri ile Kriging ordinary üssel modeli ve yüzey altı için ise 8.8870 ile Kriging simple üssel modeli uygun olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.13. Yüzey topraklarının kil dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20cmKil (%)	<10	Çok düşük	2	0.30
	10-25	Düşük	15	2.27
	25-40	Orta	137	20.82
	40-50	Yüksek	313	47.56
	>50	Çok yüksek	191	29.02

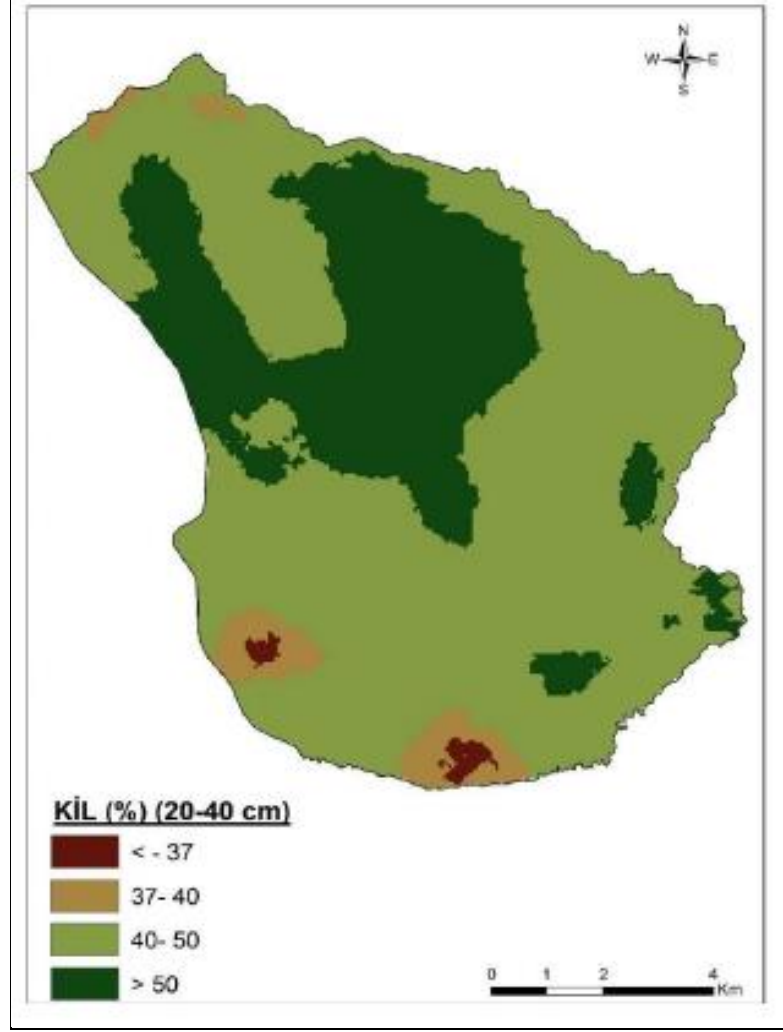


Şekil 4.9. Yüzey topraklarının % kil dağılım haritası

Yüzey altı (20-40 cm) toprak örneklerinin % 79.93'ü yüksek ve çok yüksek, % 2.97'si düşük ve çok düşük kil oranına sahiptir (Tablo 4.14.).Yüzey altı toprak örneklerine ait kil miktarlarının dağılımını gösteren harita ise Şekil 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.14. Yüzey altı topraklarının kil dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cm Kil (%)	<10	Çok düşük	2	0.31
	10-25	Düşük	17	2.66
	25-40	Orta	109	17.08
	40-50	Yüksek	268	42
	>50	Çok yüksek	242	37.93



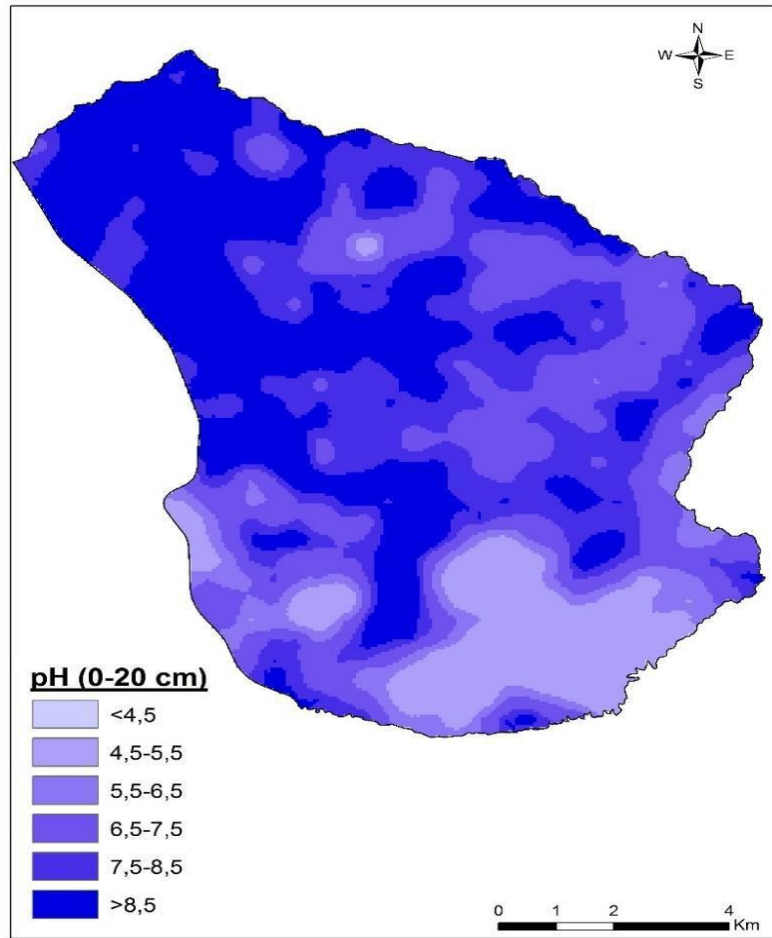
Şekil 4.10. Yüze altı topraklarının % kil dağılım haritası

#### 4.2.6. Toprakların pH dağılımı

Toprak pH'sının topraktaki mikrobiyal aktiviteyi büyük ölçüde etkilediği ve dolayısıyla toprak organik maddesinin oluşum ve ayrışmasını etkilenmekte olduğu ve bu sayede de TOK stoklarının tahmininde yardımcı bir faktör olduğu görülmüştür (Motavalli vd., 1995). Çalışma alanı yüze topraklarının pH aralığı 5.02 ile 8.75 arasında değişiklik göstermektedir. Topraklar, kuvvetli alkali, hafif alkali ile orta asit ve kuvvetli asit özelliktedir (Tablo 4.15). Ayrıca, yüze de pH dağılımını gösteren harita Şekil 4.11'de verilmiştir. Yüze topraklarının fiziko-kimyasal özellikleri içerisinde yer alan pH değerlerinin alan içerisinde dağılım desenlerinin belirlenmesinde en uygun model olarak en düşük 0.4046 RMSE değeri ile Kriging ordinary' e ait olan üssel model bulunurken, yüze altı toprakları için RMSE değeri 0.3974 ile Kriging ordinary'e ait olan Gaussian en uygun modeldir.

Tablo 4.15. Yüzey altı topraklarının ph dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20 cm pH	<4.5	Kuvvetli asit	0	0
	4.5-5.5	Orta asit	2	0.30
	5.5-6.5	Hafif asit	24	3.64
	6.5-7.5	Nötr	87	13.22
	7.5-8.5	Hafif alkali	539	81.91
	>8.5	Kuvvetli alkali	6	0.91

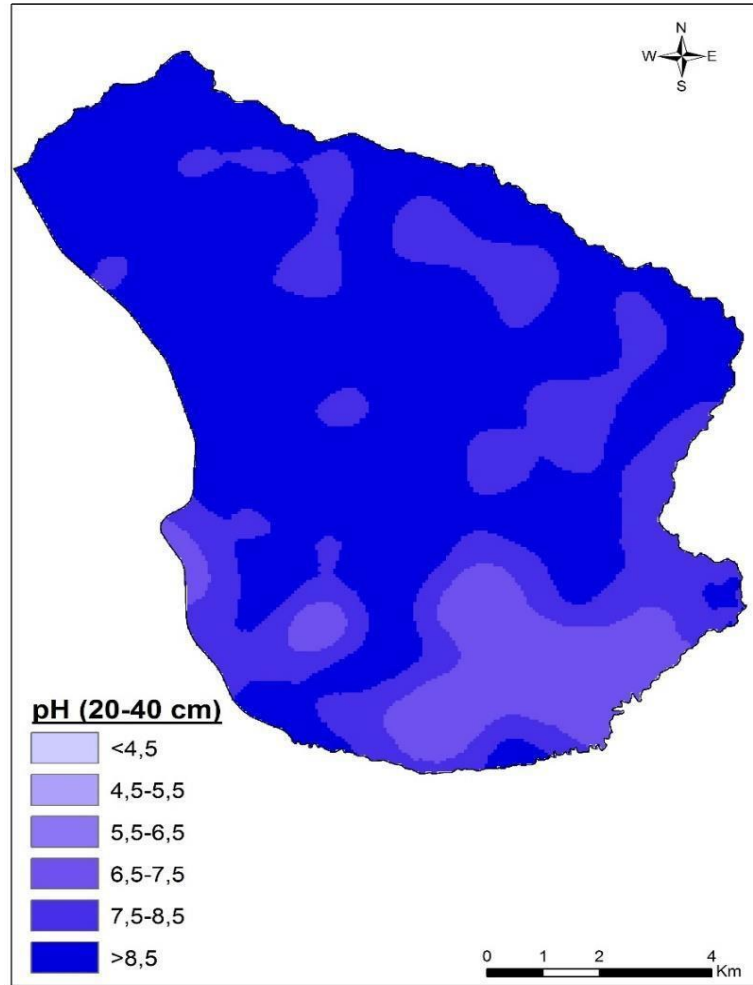


Şekil 4.11. Yüzey topraklarının pH dağılım haritası

Çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren yüzey altı toprakların %87.61 kuvvetli alkali ve hafif alkali özellik ile %0.31 orta asit özelliktedir (Tablo 4.16). Yüzey altı toprak örneklerinin pH dağılımını gösteren dağılım haritası ise Şekil 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.16. Yüzey altı topraklarının ph dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40 cm pH	<4.5	Kuvvetli asit	0	0
	4.5-5.5	Orta asit	2	0.31
	5.5-6.5	Hafif asit	11	1.72
	6.5-7.5	Nötr	66	10.34
	7.5-8.5	Hafif alkali	535	83.85
	>8.5	Kuvvetli alkali	24	3.76



Şekil 4.12. Yüzey altı topraklarının pH dağılım haritası

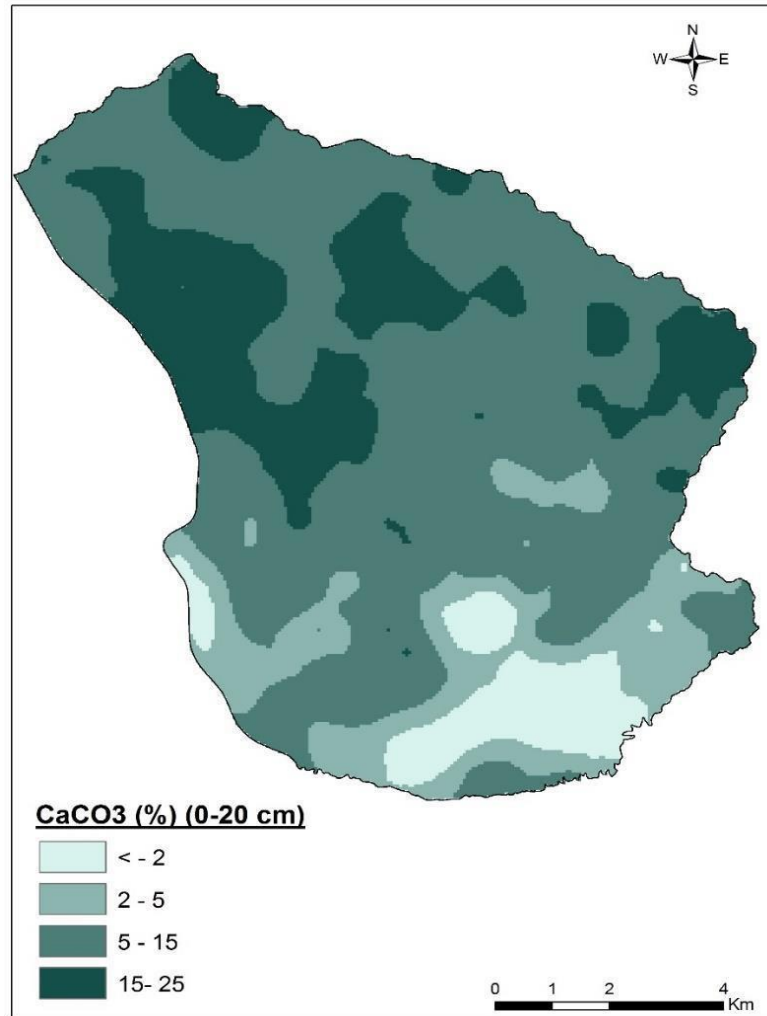
#### 4.2.7. Toprakların Kireç Dağılımı

Fernandez ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları çalışmaya göre topraklardaki kireç, organik maddece zengin topraklarda agregatlaşmayı düzenleyerek TOK dinamikleri ve bünye özellikleri açısından karbonat içermeyen topraklara nazaran daha etkili olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında dağılım gösteren toprakların kireç

içerikleri, kireç oluşum koşulu, ana materyal özelliği, iklim gibi faktörlere bağlı olarak oldukça değişiklik göstermektedir. Yüzey topraklarının kireç miktarı %0.62- %38.15 arasında değişiklik gösterip, % 27.5 çok fazla ve fazla kireçli iken, % 27.65'i ise az kireçli ve çok az kireçli sınıfları içerisinde yer almaktadır (Tablo 4.17). Bu değişkenliğin alan içerisindeki dağılım haritası ise Şekil 4.13'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Yüzey topraklarının kireç dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20cmCaCO <sub>3</sub> Kireç (%)	0-1	Çok az kireçli	37	5.62
	1-5	Az kireçli	145	22.03
	5-15	Orta derecede kireçli	295	44.83
	15-25	Fazla kireçli	160	24.31
	>25	Çok fazla kireçli	21	3.19

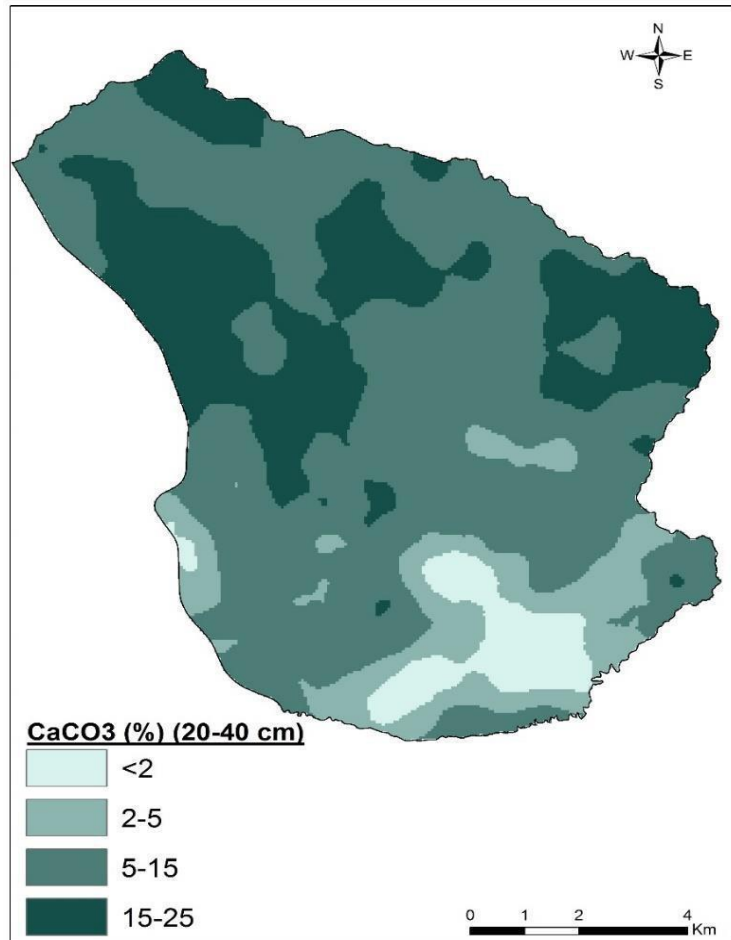


Şekil 4.13. Yüzey topraklarının % kireç dağılım haritası

Yüzey altı toprak örneklerindeki kireç miktarı %31.33 çok fazla kireçli ve fazla kireçli ve %26.01 az kireçli ve çok az kireçli sınıfları içerisinde yer almaktadırlar (Tablo 4.18). Yüzey altı toprak örneklerinin kireç dağılımını gösteren harita ise Şekil 4.14 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. Yüzey altı topraklarının kireç dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
20-40cmCaCO <sub>3</sub> Kireç (%)	0-1	Çok az kireçli	33	5.17
	1-5	Az kireçli	133	20.84
	5-15	Orta derecede kireçli	272	42.63
	15-25	Fazla kireçli	172	26.95
	>25	Çok fazla kireçli	28	4.38



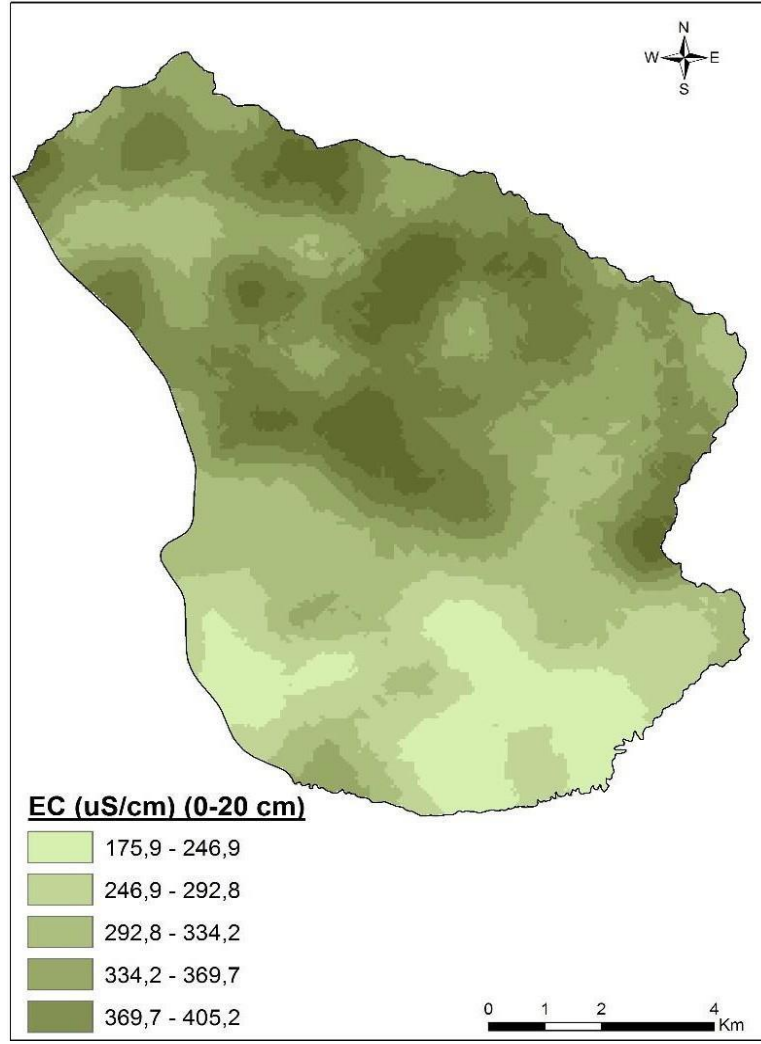
Şekil 4.14. Yüzey altı topraklarının % kireç dağılım haritası

#### 4.2.8. Toprakların EC Dağılımı

Toprak çözeltisindeki konsantrasyon artışı ozmotik ve matrik potansiyeli değiştirerek toprak canlıları ve vejetasyon üzerinde negatif bir etkiye yol açmaktadır. Tuzlu veya tuzlu sodik topraklarda toprak çözeltisindeki yüksek EC içeriğinden dolayı kil tanecikleri agregatlar içerisinde floküle olup, substratlara erişim kısıtlanır ve dolayısıyla toprak organik maddesinin ayrışması sınırlanabilir. Sodik topraklarda ise özellikle ıslandıkları zaman agregatların parçalanması sonrasında önceden erişilemeyen toprak organik maddesine erişim artarak karbon kaybı hızlandırılabilir (Dalal ve Mayer, 1986; Oades, 1984). Çalışma alanının EC değerleri 38.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile 1874  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir. Çalışma alanında gerek yüzey (0-20 cm) gerekse de yüzey altı (20-40 cm)'de bulunan toprak örneklerinin tümü tuzsuz sınıftadır (Tablo 4.19). Fakat alan içerisindeki dağılım eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla EC dağılım haritaları oluşturulmuş ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Şekil 4.15'e göre çalışma alanının kuzey yönüne doğru bir artış eğilimi bulunmaktadır.

Tablo 4.19. Yüzey topraklarının ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) EC dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
0-20 cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) EC	0-2000	Tuzsuz	658	100
	2000-4000	Hafif tuzlu	0	0
	4000-6000	Orta derecede tuzlu	0	0
	6000-8000	Tuzlu	0	0
	>8000	Çok tuzlu	0	0

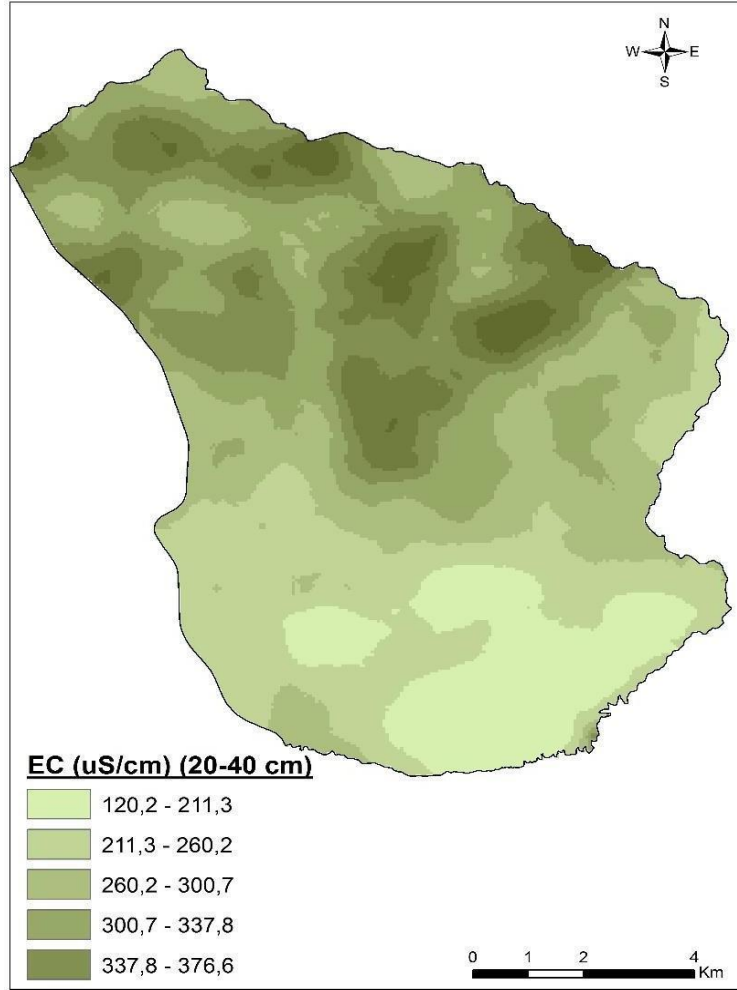


Şekil 4.15. Yüzey topraklarının uS/cm EC dağılım haritası

Yüzey altı (20-40 cm) alanda EC dağılımını gösteren harita ve dağılım ise Tablo 4.20’de ile Şekil 4.16’da verilmiştir. Burada yüzey toprak örneklerinde olduğu gibi artış eğilimi alanın kuzeyine doğru görülmektedir.

Tablo 4.20. Yüzey altı topraklarının ( $\mu\text{S/cm}$ ) EC dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Değerlendirme	Örnek Sayısı	%
	0-2000	Tuzsuz	638	100
20-40 cm EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	2000-4000	Hafif tuzlu	0	0
	4000-6000	Orta derecede tuzlu	0	0
	6000-8000	Tuzlu	0	0
	>8000	Çok tuzlu	0	0



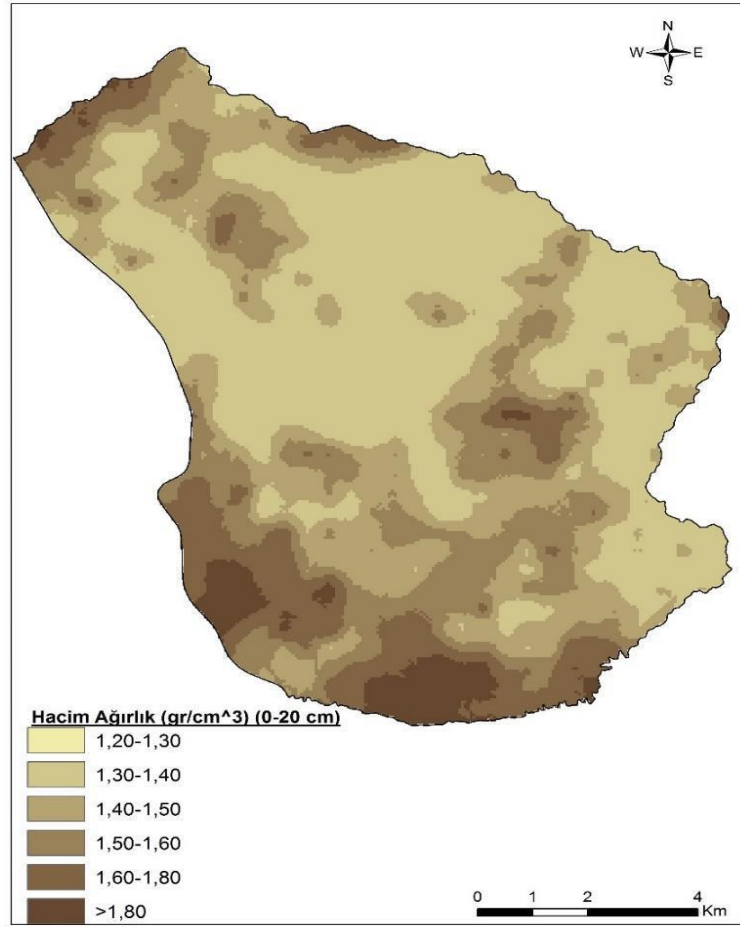
Şekil 4.16. Yüzey altı topraklarının uS/cm EC dağılım haritası

#### 4.2.9. Toprakların Hacim Ağırlığı Dağılımı

Toprak karbon stoğu sadece toprak karbon konsantrasyonuna bağlı olmayıp, aynı zamanda toprakların hacim ağırlığıyla da ilişlidir ve genellikle toprak organik maddesi arttıkça hacim ağırlığı düşmektedir (Grigal vd., 1989). Çalışma alanı yüzey topraklarının hacim ağırlığı değerleri 1.20 ile 1.60 gr/cm<sup>3</sup> arasındadır (Tablo 4.21). Dağılım haritalarının oluşturulmasında Kriging ordinary'e ait üssel model en uygun model olarak belirlenirken, yüzey altı topraklarında ise Kriging simple'a ait küresel model uygun bulunmuştur. Yüzey topraklarının (0-20 cm) hacim ağırlık dağılım haritası Şekil 4.17' da verilmiştir. Dağılım haritasından da görüleceği üzere toprakların hacim ağırlık değerleri güneye doğru gidildikçe artmış ve ayrıca çok azda olsa alanın kuzey batı kesimlerinde bir miktar artış eğiliminde görülmüştür. Bu durum özellikle toprakların kum içerikleriyle de benzer bir dağılım deseni göstermektedir.

Tablo 4.21. Yüzey topraklarının ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) hacim ağırlığı dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Örnek Sayısı	%
0-20 cm HA ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.0-1.20	1	0.15
	1.2-1.4	447	67.9
	1.4-1.6	210	31.9
	1.6-1.8	0	0
	>1.8	0	0

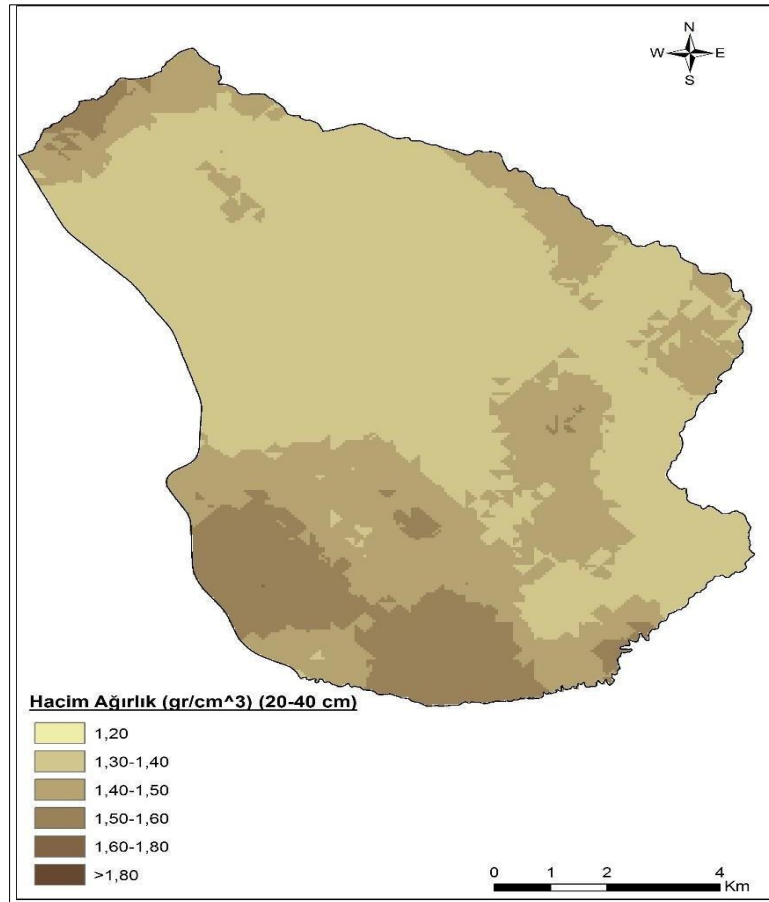


Şekil 4.17. Yüzey topraklarının  $\text{gr}/\text{cm}^3$  hacim ağırlığı dağılım haritası

Toprakların yüzey altı hacim ağırlık değerleri Tablo 4.22 ve dağılım haritaları ise Şekil 4.18`de verilmiştir. Dağılım haritasından da görüleceği üzere yüzey altı toprakların dağılım deseni yüzey toprakları ile benzerlik göstermekte olup genelde güney kesimlerdeki toprakların HA değerleri daha yüksek görülmektedir.

Tablo 4.22. Yüzey altı topraklarının ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) hacim ağırlığı dağılımı

Toprak Özelliği	Sınır Değeri	Örnek Sayısı	%
	1.0-1.20	0	0
20-40cm ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) HA	1.2-1.4	409	64.1
	1.4-1.6	228	35.7
	1.6-1.8	1	0.15
	>1.8	0	0



Şekil 4.18. Yüzey altı topraklarının  $\text{gr}/\text{cm}^3$  hacim ağırlığı dağılım haritası

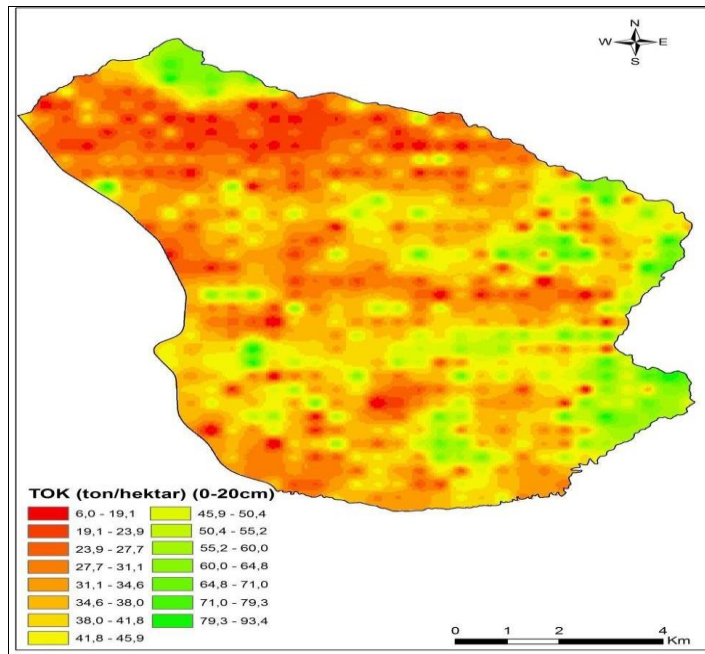
#### 4.2.10. TOK Stok Dağılımı

Topraklar, Dünya'daki en büyük karbon havuzuna sahiptirler; hatta atmosferdeki ve karasal bitkilerde bulunan toplam karbondan daha fazla karbon içerirler. Bu sebeptendir ki, iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesinde, sera gazları salınması ve karbon tutulması arasındaki denge veya değişim ortamı olduğundan, topraklar hassas bir role sahiptir. Sadece iklim değişikliğinde değil aynı zamanda arazi tahribatı ve biyoçeşitlilik kaybı üzerindeki kilit görevlerinden dolayı, Dünya toprakları en fazla duyarlı kaynaklardan bir tanesi olmuştur. (Dengiz vd., 2019) yılında Kastamonu İli, İnebolu İlçe sınırları içerisinde yer alan yarı nemli karasal ekosistem özelliğine sahip İnebolu havzasında farklı toprak derinliklerinde TOK stoğunu tahmin etmek ve mekansal dağılım haritalarını oluşturmak, farklı toprak sınıfları ile TOK stoğu arasındaki ilişkiyi değerlendirmek, ve arazi kullanımı- arazi örtüsü TOK stoğu arasındaki etkileri belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanının arazi örtüsü tiplerini belirlemek için aster uydu görüntüsü kullanılmış ve beş ana arazi örtüsü türü çıplak arazi, seyrek bitki örtüsü, geniş yapraklı orman alanı, karışık orman alanı ve iğne yapraklı orman alanı olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, toprak tiplerinin ve toprak örtüsünün, TOK yoğunluğunun mekânsal varyasyonu için iki önemli faktördür. Toprak sınıflarına ait TOK yoğunluğunun, Vertic Haplustept ( $12.93 \text{ kg.m}^2$ ) ve diğer toprak sınıflarına göre anlamlı olarak daha yüksek olmasının ana nedeni özellikle toprak profili derinliği ve pedolojik gelişimden kaynaklanmaktadır. Bu ana faktör olarak yüzey topraklarında TOK değerleri arazi kullanımı ve arazi örtüsü etkisinin daha baskın olduğunu, yüzey altı topraklarda ise sadece arazi kullanımı ve arazi örtüsünün etkisinin değil, toprakların bünye, genetik horizon çeşitliliği, derinlik gibi etmenlerle de ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Öte yandan, toprak çeşidi ve arazi örtüsü kombinasyonunun TOK yoğunluğunda önemli ölçüde daha iyi bir belirleyici olduğu sonucuna varılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma alanında yüzey toprakları için TOK değerlerine ait en uygun dağılım haritasının oluşturulması amacıyla en düşük RMSE değeri 13.1598 olarak IDW'ye ait 2. Kuvvette bulunurken, yüzey altı topraklarına ait dağılım haritasının oluşturulmasında ise en uygun değer modeli RBF'nin Thin Plate Spline modeli olarak uygun görülmüştür. Yüzey toprak örneklerine ait TOK değerleri Tablo 4.23'de ÇEM'in Türkiye sınıflandırmasına uygun olarak verilmiştir ve dağılım haritasında Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

Oluşturulan TOK sınıf değerleri Türkiye topraklarının (ÇEM, 2018) verilerine göre aralıklandırılmıştır. Buna göre çalışma alanında dağılım gösteren toprakların yaklaşık %22.5'i 50 ton/ha'dan daha yüksek TOK değerlerine sahip iken %35.4'ü ise 30 ton/ha'dan daha az TOK değerlerine sahiptir. Şekil 4.19'a göre alanın özellikle kuzey ve doğu kesimlerine doğru TOK değerleri artış gösterirken, orta ve batıya doğru bu değerler azalmaktadır.

Tablo 4.23. Yüzeysel toprakların (ton ha<sup>-1</sup>) toprak organik karbon stok dağılımı

Toprak Özelliği	TOK Değerleri	Örnek Sayısı	%
TOK (0-20cm) (ton ha <sup>-1</sup> )	6.0 – 19.1	47	7.14
	19.1 – 23.9	56	8.51
	23.9 – 27.7	50	7.59
	27.7 – 31.1	78	11.85
	31.1 – 34.6	91	13.82
	34.6 – 38.0	70	10.63
	38.0 – 41.8	63	9.57
	41.8 – 45.9	55	8.35
	45.9 – 50.4	33	5.01
	50.4 – 55.2	28	4.25
	55.2 – 60.0	22	3.34
	60.0 – 64.8	22	3.34
	64.8 – 71.0	19	2.88
71.0 – 79.3	12	1.82	
79.3 – 93.4	12	1.82	

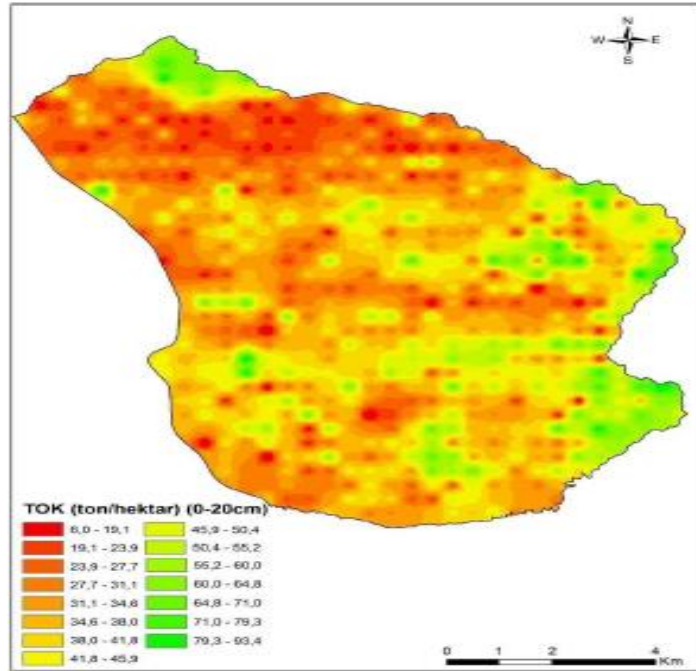


Şekil 4.19. Yüzeysel toprakların ton/ha toprak organik karbon stok dağılım haritası

Yüzey altı toprakların TOK değerleri Tablo 4.24 ve dağılım haritası ise Şekil 4.20' de verilmiştir. Toprakların yalnızca %8.8'i 50 ton/ha dan fazla TOK değerine sahip iken %66,4'ü ise 30 ton/ha dan daha az TOK değerine sahip olarak belirlenmiştir. Dağılım haritasında ise alanın güney doğu kesimlerinde en yüksek TOK değerleri belirlenirken, güney ve kuzey kesimlere doğru TOK değerinde azalma görülmektedir.

Tablo 4.24. Yüzey altı topraklarının (ton ha<sup>-1</sup>) toprak organik karbon stok

Toprak Özelliği	TOK Değerleri	Örnek Sayısı	%
TOK (20-40cm) (ton ha <sup>-1</sup> )	7.1-17.3	123	19.27
	17.3-19.6	35	5.48
	19.6-21.9	49	7.68
	21.9-24.2	60	9.40
	24.2-26.4	43	6.73
	26.4-28.7	69	10.81
	28.7-31.0	45	7.05
	31.0-33.8	46	7.21
	33.8-36.7	49	7.68
	36.7-39.5	28	4.38
	39.5-42.4	20	3.13
	42.4-45.5	14	2.19
	45.5-50.9	24	3.76
	50.9-60.0	24	3.76
60.0-79.7	9	1.41	



Şekil 4.20. Yüzey altı topraklarının ton/ha toprak organik karbon stok dağılımı

### 4.3. Toprakların Fiziko-Kimyasal ve TOK Değerlerine Ait Korelasyon Analizi

Toprakta organik karbon miktarındaki artışın toprakların fiziko-kimyasal gelişmeleri ve üretkenliği üzerine olan etkileri yapılan pek çok araştırma tarafından detaylı olarak gözlemlenmiştir (Celik vd., 2004, Tejada ve Gonzales, 2007). TOK, toprak organik maddesi içerisinde oluşan karbonu ifade ettiği ve topraklarda en büyük karasal organik karbon havuzu olan jeolojik yapıya, iklim koşullarına ve arazi kullanımı ile arazi yönetimi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda TOK barındırmaktadır. TOK arazi kullanımı ve arazi yönetimindeki değişikliklerle toprak sıcaklığındaki ve nemdeki değişikliklere karşı oldukça hassastır bu yüzden toprakların karbon stoklarındaki değişimi tahmin etmek için, öncelikle karbon stokları için zamansal ve alansal değişimlerin belirlenmesinde temel altlıkların oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle, yerel, bölgesel, ulusal veya küresel düzeylerde toprak organik karbon stoğunun boyutu her ölçekte karbon içeriğindeki değişiklikleri tartışmak için temel bilgileri oluşturmaktadır (Swift, 2001).

Budak ve Günal (2018), yaklaşık 8700 km<sup>2</sup> genişliğe sahip Yukarı Dicle Havzasında toprakların karbon stoğu potansiyellerinin farklı arazi kullanımları altındaki değişimlerinin tesbit edilmesi ve haritalanması amacıyla yaptıkları çalışmada, alanı 5 km x 5 km'lik gridlere ayırmış ve her gridin köşe noktasından toplam 210 adet bozulmuş ve bozulmamış yüzey (0-20cm) toprak örneği almışlardır. Toprak örneklerinin organik karbon ve hacim ağırlıklarını belirlemişler ve her nokta için karbon stoğunu hesaplayarak çalışma alanının toprak organik karbon stok (TOCS) haritası hazırlanmıştır. Arazi kullanımlarının TOCS üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki ettiğini belirlemişlerdir. Çalışma alanında TOCS miktarı 8.06 ile 66.68 Mg ha<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama TOCS miktarı değeri 30.33 Mg ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanı, topraklarının yüzey ve yüzey altı örneklerinde CaCO<sub>3</sub>, silt, kum, kil, OM, OC, HA, EC, pH ve TOK özellikleri arasındaki ilişkiler Spearman korelasyonu kullanılarak analiz edilmiş ve bu analizlerin yapılmasında SPSS 23 programı kullanılmıştır. Yüzey örneklerinin korelasyon analiz sonuçlarına göre 55 korelasyondan 37 adedi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05, p<0.01). TOK'un hacim ağırlığı ve silt ile anlamlı ilişkisi bulunamamıştır. TOK'un, kum, kil, OM ve OK ile %1 düzeyinde pozitif bağıntıda olduğu; CaCO<sub>3</sub> ve pH'nin ise negatif

bir korelasyonda olduğu görülmüştür (Tablo 4.25). TOK'un EC ile %5 düzeyinde pozitif anlamda bir bağlantısı bulunmuştur. Ayrıca en yüksek pozitif korelasyon TOK ve OC (0.981\*\*) arasında görülürken; en yüksek negatif korelasyonun ise pH (-0.290\*\*) arasında olduğu görülmüştür.

Tablo 4.25. Yüzeysel toprakların korelasyon analiz sonuçları

	CaCO <sub>3</sub>	Silt	Kum	Kil	OM	OC	HA	pH	E C	TOK
CaCO <sub>3</sub>	1.00									
Silt	0.210**	1.000								
Kum	0.319**	0.253**	1.000							
Kil	0.193**	0.264**	0.826**	1.000						
OM	-0.074	-0.009	0.211**	0.192**	1.000					
OC	-0.075	-0.010	0.212**	0.193**	1.000*	1.000				
HA	0.264**	0.118**	0.828**	0.769**	0.148**	0.147**	1.000			
pH	0.486**	0.085*	0.204**	0.150**	0.274**	0.273**	-0.075	1.000		
EC	0.250**	0.135**	0.140**	0.231**	0.105*	0.104*	0.215**	-0.030	1.000	
TOK	0.116**	-0.036	0.326**	0.288**	0.980**	0.981**	-0.035	-0.290**	0.084*	1.000

\*P<0.05, \*\*P<0.01

Yüzeysel altından alınan toprak örneklerinin korelasyon sonuçlarına göre 55 korelasyondan 28 adedi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05, p<0.01). TOK'un CaCO<sub>3</sub>, silt ve hacim ağırlığı ile aralarında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Kum, kil, OM ve OC arasında % 1 düzeyinde pozitif bir korelasyon görülmüştür (Tablo 4.26). Ayrıca en yüksek pozitif korelasyon TOK, OM ve OC (0.985\*\*) arasında belirlenmiştir.

Tablo 4.26. Yüzey altı topraklarının korelasyon analiz sonuçları

	CaCO <sub>3</sub>	Silt	Kum	Kil	OM	OC	HA	TOK	EC	pH
CaCO <sub>3</sub>	1.00									
Silt	0.153**	1.000								
Kum	-0.268**	-	1.000							
Kil	0.157**	-	-	1.000						
OM	0.047	-0.018	0.053	-0.019	1.000					
OC	0.047	-0.018	0.053	-0.019	1.000**	1.000				
HA	-0.224**	-0.005	0.892**	-	-	-	1.000			
TOK	0.010	-0.013	0.167**	0.122**	0.985**	0.985**	-0.016	1.000		
EC	0.241**	-	-	0.323**	0.212**	0.212**	-	0.175**	1.000	
pH	0.508**	0.036	-0.072	0.041	-	-	-0.020	-0.171**	0.002	1.000
					0.157**	0.157**				

\*P&lt;0.05, \*\*P&lt;0.01

#### 4.4. TOK Değerleri ve Arazi Kullanımı ile Arazi Örtüsü Arasındaki İstatistiksel Durum

Çalışma alanından alınan 658 yüzey ve 638 yüzey altı toprak örneğinde toprak organik karbonu stokları hesaplanmıştır. Bu noktalara denk gelen arazi kullanımları belirlenmiş ve toprak organik karbonu ile arazi kullanımları arasında istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Analiz sırasında arazi kullanımının ikiden fazla olması nedeniyle tek Yönlü Varyans Analizi yöntemi ve sınıflar arasındaki farkın önemli çıktığı durumda bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere Tukey Testi yapılmıştır. Varyans analizinden önce verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilmiş ve gerekli dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Çalışma alanına ait dağılım gösteren toprakların TOK değerleri ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfı arasındaki istatistiksel ilişkiye ait sonuçlar Tablo 4.25 ve Tablo 4.26`da verilmiştir.

Çalışma alanı, arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflaması bakımından orman, mera ve tarım arazisi şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflar ile yüzey (0-20 cm) toprağının toprak organik karbon (TOK) stoğuna göre yapılan çoklu karşılaştırma sonucuna göre p<0.05 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 4.27). Ortalama olarak orman arazilerinde 53.356 ton/ha TOK stok belirlenirken, 34.048 ton/ha TOK stok ile en düşük tarım arazileri belirlenmiştir. Tarım alanlarında dağılım gösteren toprakların organik karbon stoğu yönünden diğer iki arazi kullanım

sınıflandırmasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur. Buna karşın, orman ve mera arazi kullanımı arazi örtü sınıfları arasında istatistiksel olarak fark belirlenememiştir. Ayrıca değişkenlik katsayısına göre bütün arazi kullanım sınıfları için toprak organik karbon stoğu yönünden yüksek değişkenlik tespit edilmiştir. Budak ve Günel (2018) Yukarı Dicle Havzasında toprakların karbon stok durumunun farklı arazi kullanım türlerinin etkisi altında kullanımları arasında en yüksek TOK stok miktarının 44.33 Mg ha<sup>-1</sup> ile ormanlık alanlarda ve en düşük TOK miktarının ise 28.91 Mg ha<sup>-1</sup> ile tarla bitkileri ekili alanlarda olduğu görülmüştür. Özellikle mera alanlarında aşırı otlatma ve tarım arazilerindeki geleneksel toprak işleme ve hasat atıklarının yakılması Yukarı Dicle Havzasında TOCS miktarı üzerinde olumsuz etki göstermiştir.

Tablo 4.27. Yüzeysel toprak organik karbonu ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki istatistiksel sonuç

AKAÖ Sınıfları	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	Örnek Sayısı (n)
1-Orman	53.356 <sup>a</sup>	12.45	94.10	20.560	81.65	65
2-Tarım	34.048 <sup>b</sup>	4.99	80.34	10.678	75.35	553
3-Mera	52.032 <sup>a</sup>	19.75	90.36	17.355	70.64	40

Aynı kolonda farklı harflerle belirtilen ortalamalar Tukey testine göre p<0.05 düzeyinde birbirinden farklıdır.

Kuzeybatı Hindistan’da Typic Ustochrept toprakta orman, mera ve tarım gibi farklı arazi kullanım türleri altında toprak organik madde kapsamındaki değişim araştırılmıştır. Çalışmada üst toprak organik madde kapsamı, mera arazilerine göre orman arazi kullanım türünde % 27 ve tarım arazi kullanım türünde ise % 45 azalmıştır. Alt toprak organik madde içeriği ise tarım ve mera arazilerinde istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir (Saha vd., 2011). Çalışma alanına ait yüzeysel altı (20-40 cm) topraklarında TOK değerleri ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıfları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak elde edilen değerleri Tablo 4.28’de verilmiştir. Arazi kullanım türlerine ait sınıflar arasında TOK stoğuna göre yapılan çoklu karşılaştırma sonucuna göre p<0.05 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Yüzeysel topraklarının arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarında olduğu gibi, TOK stoğu tarım alanları toprak organik karbon stoğu yönünden diğer iki arazi kullanım sınıflandırmasından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Buna karşın orman ve mera sınıflandırmaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır.

Ayrıca değişkenlik katsayısına göre bütün arazi kullanım sınıfları için organik karbon içeriğiyönünden yüksek değişkenlik mevcuttur.

Tablo 4.28. Yüzey altı toprak organik karbonu ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü arasındaki istatistiksel sonuç

AKAÖ Sınıfları	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	Örnek Sayısı (n)
1-Orman	33,528 <sup>a</sup>	7,45	81,91	16,997	74,46	59
2-Tarım	26,784 <sup>b</sup>	3,11	84,45	10,962	81,34	548
3-Mera	31,849 <sup>a</sup>	4,78	64,65	15,148	59,87	31

Aynı kolonda farklı harflerle belirtilen ortalamalar Tukey testine göre  $p<0.05$  düzeyinde birbirinden farklıdır.

Yukarıdaki veriler ışığı altında, çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren özellikle tarım alanlarında organik madde üzerinde olumsuz etkiye sahip olan geleneksel toprak işleme yöntemlerinden uzaklaşıp birçok ülkede kabul gören korumalı toprak işleme yöntem uygulamalarının, mera arazilerinde gerek mevcut TOK stoğunun korunması gerekse de süreç içerisinde arttırılması amacıyla meraların ıslah edilmesinin ve ormanlık alanlarda oluşan tahribatın ortadan kaldırılarak sürdürülebilir orman yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

## 5. SONUÇ

İklim değişikliği ve arazi tahribatı etkilerinin şiddetine bağlı olarak toprak fonksiyonları ve ekosistem hizmetlerindeki değişimler gıda güvenliğine büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden, sürdürülebilir arazi yönetimi ve toprak yönetimini içeren yeni arazi kaynaklarının kullanılma politikası kaçınılmaz olmuştur. En nihayetinde, sürdürülebilir arazi ve toprak yönetimi Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden ikinci hedefi “açlığın sonlandırılması ve on beşinci hedefi “karasal ekosistemlerin korunması” ile yakından ilgilidir.

Sırasıyla bu hedefler ise gıda güvenliğinin sağlanması ve beslenmenin iyileştirilmesi ile sürdürülebilir tarımın teşvik edilerek karasal ekosistemlerin korunması, yeniden inşası ve sürdürülebilir kullanımı, ormanların sürdürülebilir yönetimi, çölleşmeyle mücadele ve arazi tahribatının durdurularak iyileştirilmesi ile biyoçeşitlilik kayıplarının durdurulmasının başarılabilmesini amaçlamaktadır.

Bilhassa, iklim değişikliği, arazi tahribatı ve biyoçeşitlilik ile ekosistem hizmetleri kaybı baskılarının varlığı altında, sürdürülebilir toprak ve arazi yönetimi ile ilişkili olarak, Toprak Organik Karbonu (TOK), toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik fonksiyonlarının itici gücünü oluşturduğundan, sürdürülebilirliğin bir göstergesi olarak ön plana çıkmıştır. Öyle ki, TOK, toprakta havalanma, su muhafazası, kirletici filtreleme, toprak dayanaklığı, besin elementi döngüsü, biyoçeşitlilik, üretkenlik ve toprak yapısı ile doğrudan alakalıdır.

Bu çalışma, Samsun ili Vezirköprü ilçesine ait 18 köyü kapsayan arazilerde dağılım gösteren toprakların bazı fiziko kimyasal toprak özellikleri ile arazi kullanımı ve arazi örtüsünün toprak organik karbon stoğuna etkisinin belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında; bölgeye özgü olarak, coğrafi taban altyapısı, su varlığı, iklim özellikleri, topoğrafya, arazi örtüsü ve arazi kullanım planı, jeomorfolojik özellikler, sosyo ekonomik durum yönetimi gibi süreçlerin iyi değerlendirilmesi ve bu şekilde toprak organik karbon stoğunu maksimum düzeyde nasıl arttırabiliriz konuları üzerine odaklanılmıştır.

Ayrıca, açıklayıcı olması bakımından bölge toprağı üzerine silt, kum, kil, pH, EC, HA, TOM, TOK, kireç ve TOK stok haritaları hazırlanmıştır. Böylece sonraki yıllarda çalışma alanı olan Samsun Vezirköprü bölgesine ait belirli zaman aralıkları

ile karşılaştırma yapılabilcek bir kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte bu çalışma verileri daha sonra farklı iklim koşulları altındaki diğer bölge topraklarıyla ayrı bir çalışma yapmaya da imkn sağlamaktadır. Gelecekte bu harita modellemelerinin veri tabanlarından yararlanılarak etkin kullanımı bölge için önem arz eder niteliktedir.

## KAYNAKÇA

- Anonim, (2001). Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Yayın No:2630, Ankara.
- Arnaud, R. J. St., Mermut, A. R and Boon Goh, T. (1993). Identification and Measurement of Carbonate Minerals. In: Martin, R. (ed.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Boca Raton, FL, Lewis Publishers. A Special Publication of the Canadian Society of Soil Science, 814p.
- Baskan, O., Dengiz, O., & Demirag, İ. T. (2017). The land productivity dynamics trend as a tool for land degradation assessment in a dryland ecosystem. *Environmental monitoring and assessment*. 189(5), 212.
- Başaran, M., 2004. Türkiye'nin organik karbon stoğu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Dergisi*, 8: 31-36.
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European journal of soil science*, 47(2), 151-163.
- Bhatti J S, Apps M J, Tarnocai C, (2002). Estimates of soil organic carbon stocks in central Canada using three different approaches. *Canadian Journal of Forest Research*. 32 (5): 805-812.
- Bouyoucos, G.J. (1951). A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43; 435-438.
- Bowman, R. A., Vigil, M. F., Nielsen, D. C., & Anderson, R. L. (1999). Soil organic matter changes in intensively cropped dryland systems. *Soil Science Society of America Journal*, 63(1), 186-191.,
- Budak, M., ve Günal, H. (2018). Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*. 4(1):61-74
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L., and Wagner, G.H., (1987). Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology*, 68,2023-2031.
- Celik, I., Ortas, I. and Kilic, S. (2004). Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Tillage Research*. 78, pp. 59–67.
- Cherlet, M., Ivits, E., Sommer, S., Toyh, G., Jones, A., Montanaraella, L., & Belward, A. (2013). Land-productivity dynamics in Europe. *Towards valuation of land degradation in the EU*, 61.
- Christensen, B. T. (2001). Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*. 52(3), 345-353.
- Dalal, R.C. & Mayer, R.J. (1986). Long term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Australian Journal of Soil Research*. 24, 28–292.

- Denef, K., Six, J., Paustian, K., & Merckx, R. (2001). Importance of macroaggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization: short-term effects of physical disturbance induced by dry–wet cycles. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(15), 2145-2153.
- Dengiz, O. (2018). Potential impact of land use change on land productivity dynamics with focus on land degradation in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Theoretical and Applied Climatology*. 133(1-2), 73-88.
- Dengiz, O., Saygın, F., İmamoğlu, A. (2019). Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Eurasian Journal of Soil Science*,8(1)
- Dengiz, O., Sağlam, M., Türkmen, F., (2015) .Effects of soil types and land use-land cover on soil organic carbon density at Madendere watershed. *Eurasian Journal of Soil Science*. 4(2)82-87.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J., (1994). Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems, *Science* 263:185–190
- Eswaran, H., van den Berg, E. & Reich, P. (1993). Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal* 57(1): 192–194.
- FAO (United Nation Food and Agriculture Organization) (1992). *Protect and Produce: Putting the Pieces Together*. Rome.
- Fernández-Ugalde, O., Virto, I., Imaz, M. J., Enrique, A., & Bescansa, P. (2010 August). Relative contribution of naturally-occurring carbonates and soil organic carbon to soil aggregation dynamics. *In 19th world congress of soil science*. Brisbane, Australia..
- Gnanavelrajah, N., Shrestha, R. P., Schmidt- Vogt, D., & Samarakoon, L. (2008). Carbon stock assessment and soil carbon management in agricultural land- uses in Thailand. *Land Degradation & Development*. 19(3), 242-256.
- Goovaerts, P. (1999). Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89(1-2), 1-45.
- Grigal, D. F., Brovold, S. L., Nord, W. S., & Ohmann, L. F. (1989). Bulk density of surface soils and peat in the north central United States. *Canadian Journal of Soil Science*. 69(4), 895-900.
- Gruneberg E., Schoning I, Kalko E. K. V. et al, 2010. Regional organic carbon stock variability: A comparison between depth increments and soil horizons. *Geoderma*. 155 (3-4): 426-433.
- Haghdoost, N., Akbarinia, M., & Hosseini, S. M. (2013). Land-use change and carbon stocks: A case study, Noor County, Iran. *Journal of Forestry Research*. 24(3), 461-469.
- Hooker, T.D., Compton, J.E., 2003. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment. *Ecol. Appl.* 13,299–313.
- IPCC, 2000. *The IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES)*. IPCC, Geneva.

- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jackson, M. L. (1958). Cation exchange determinations for soils. *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice-Hall, 73-77.
- Jagadamma, S., & Lal, R. (2010). Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. *Biology and Fertility of Soils*. 46(6), 543-554.
- Janzen, H. H. (2006). The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it? *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), 419-424.
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 399-417.
- Janzen, H.H. 2004. Carbon Cycling in Earth System – a Soil Science Perspective. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 104; 399 – 417.
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). *Using ArcGIS geostatistical analyst* (Vol. 380). Redlands: Esri.
- Kaya, N. S., Turan, İ. D., Dengiz, O., & Saygın, F. (2020). Farklı Konumsal Çözünürlüğe Sahip Uydu Görüntüleri Kullanarak CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 207-218.
- Korkanç, S. Y., Şahin, H., Özden, A. O., & Özkurt, B. (2018). Arazi kullanımı dönüşümlerinin toprakların organik karbon depolama ve bazı özellikleri üzerindeki etkileri: Niğde yöresi örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*. 19(4), 362-367.
- Kumar, S., Lal, R., & Liu, D. (2012). A geographically weighted regression kriging approach for mapping soil organic carbon stock. *Geoderma*. 189, 627-634.
- Lal, R. (2004) Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1–22.
- Lal, R. (2005) Forest soils and carbon sequestration, *Forest Ecology and Management* 220:242-258.
- Lal, R., (2001a). Potential of Soil Carbon Sequestration in Forest Ecosystem. In: Lal, R. (ed). *Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect* Soil Science Society of America Special Publication, 57; 137 – 154.
- Lal, R., (2001b). Soil Carbon Dynamics in Cropland and Rangeland. *Environ. Pollut.*, 116; 353-362.
- Lal, R., (2002). The Potential of Soils of the Tropics to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. *Advances in Agronomy*, 74; 155 – 192. LAL, R., 2004a. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security Special Section. *Science*, 34; 1549 – 1700.
- Land degradation neutrality: the target setting programme (2016)*. Bonn: United Nations Convention to Combat Desertification The Global Mechanism (UNCCD).

- Mallants, D., B.P. Mohanty, D. Jacques, and J. Feyen. (1996). Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*. 161(3), 167-181.
- Mann, L.K., (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Sci.*, 142,279-288.
- Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., & Field, D. J. (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*. 292, 59-86.
- Motavalli, P. P., Palm, C. A., Parton, W. J., Elliott, E. T., & Frey, S. D. (1995). Soil pH and organic C dynamics in tropical forest soils: evidence from laboratory and simulation studies. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(12), 1589-1599.
- Mulla, D. J., & McBratney, A. B. (2002). Soil spatial variability. *Soil physics companion*, 343-373.
- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., & Çıkılı, Y. (2014). *Toprak ve bitkide verimlilik analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Newhall, F., & Berdanier, C. R. (1996). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. No: 18, Washington D.C.
- Oades, J. (1984). Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*. 76, 319–337
- Oğuz, İ., & Acar, M. E. R. T. (2011). Tokat Kazova koşullarında farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 171-178.
- Paustian, K., Babcock, B. A., Hatfield, J., Kling, C. L., Lal, R., McCarl, B. A., ... & Robertson, G. P. (2004). Climate change and greenhouse gas mitigation: challenges and opportunities for agriculture. *CAST Task Force Report*, 141.
- Paustian, K., Cole, C. V., Sauerbeck, D., & Sampson, N. (1998). CO2 mitigation by agriculture: an overview. *Climatic change*, 40(1), 135-162. Paustian, K., Cole, C. V., Sauerbeck, D., & Sampson, N. (1998). CO2 mitigation by agriculture: an overview. *Climatic change*, 40(1), 135-162.
- Paustian, K., Elliott, E. T., Six, J And Hunt, H. W., (2000). Management Options for Reducing CO2 Emissions From Agricultural Soils, *Biogeochemistry*; 48; 147 – 163.
- Post, W. M., Emanuel, W. R., Zinke, P. J., & Stangenberger, A. G. (1982). Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 298(5870), 156-159.
- Post, W.M., and Kwon, K.C., (2000). Soil organic carbon sequestration and land use change: Processes and potential. *Global Change Biol.*, 6,317-327.
- Rial, M., Cortizas, A., Taboada, T., Lado-Rodriguez, L. (2017) .Soil organic carbon stocks in Santa Cruz Island, Galapagos, under different climate change scenarios. *Catena*. 156,74-81.
- Saha, Debasish; Kukal, S S; Sharma, S., (2011). Landuse impacts on SOC fractions and aggregate stability in typic ustochrepts of Northwest India. *Plant and Soil* 339: 457-470.

- Sakin, E., ve Seyrek, A. (2014). Diyarbakır İli Yüzey Topraklarının Karbon Stokları ve Miktarları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-5.
- Sample, I. (2007). Global food crisis looms as climate change and population growth strip fertile land. *The Guardian*, 31(1).
- Sandra, H., Thomas, A., Jens, L., and Peter, W., 2008. The effects of tillage system on soil organic carbon under moist, cold-temperature conditions. *Soil Till. Res.* 98, 94-105.
- Sharma, G., Sharma, L. K., & Sharma, K. C. (2019). Assessment of land use change and its effect on soil carbon stock using multitemporal satellite data in semiarid region of Rajasthan, India. *Ecological Processes*, 8(1), 42.
- Soil Survey Staff (1993). Soil survey manual, USDA. Handbook
- Soil Survey Staff, (1992). Soil survey laboratory methods manual. Version No. 2.0. USDANRCS. Soil Survey Investigations Report No. 42. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. (1999). Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Solomon, N., Pabi, O., Annang, T., Asante, I. K., & Birhane, E. (2018). The effects of land cover change on carbon stock dynamics in a dry Afromontane forest in northern Ethiopia. *Carbon Balance and Management*, 13(1), 14.
- Sommer, S., Zucca, C., Grainger, A., Cherlet, M., Zougmore, R., Sokona, Y., and Wang, G. (2011). Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales. *Land Degradation & Development*, 22(2), 184-197.
- Sotomayor, D. and Rice, C.W., (1999). Soil air carbon dioxide and nitrous oxide concentrations in profiles under tallgrass prairie and cultivation. *J. Environ. Qual.*, 28,784-793.
- Swift, R.S., 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.* 166: 858– 871.
- Tejada M. and Gonzalez J.L. (2007). Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil Tillage Research*, Vol. 93; pp. 197–205.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008 Ekim). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay.
- Toprak Organik Karbonu Projesi, Teknik Özet (2018)*. Ankara: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM).
- Toru, T., & Kibret, K. (2019). Carbon stock under major land use/land cover types of Hades sub-watershed, eastern Ethiopia. *Carbon balance and management*, 14(1), 7.
- Towards valuation of land degradation in the EU. JRC Scientific
- Tufa, M., Melese, A., & Tena, W. (2019). Effects of land use types on selected soil physical and chemical properties: The case of Kuyu District, Ethiopia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(2), 94-109.

- Van Wambeke, A. (2000). The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture and temperature regimes. *Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. USA.*
- Van Wambeke, A., & Forbes, T. R. (1986). *Guidelines for using Soil Taxonomy in the names of soil map units.* SMSS.
- Von Braun, J., Gerber, N., Mirzabaev, A., & Nkonya, E. (2012). The economics of land degradation (p. 41). Berlin: An Issue Paper for the First Global Soil Week.
- Wambeke, A. V. (1992). *Soils of the tropics: properties and appraisal.* McGraw Hill.
- Weindorf D C, Zhu Y, (2010). Spatial Variability of Soil Properties at Capulin Volcano, New Mexico, USA: Implications for Sampling Strategy. *Pedosphere.* 20(2): 185-197.
- Wells, J. R., Boucher, J. F., Laurent, A. B., & Villeneuve, C. (2012). Carbon Footprint Assessment of a Paperback Book: Can Planned Integration of Deinked Market Pulp be Detrimental to Climate?. *Journal of Industrial Ecology, 16(2), 212-222.*
- West, T. O and Post, W. M., (2002). Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66; 19 - 30.
- West, T. O., & Post, W. M. (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal, 66(6), 1930-1946.*
- White, A., Cannell, M. G. R and Friend, A. D., (1999). Climate Change Impacts on Ecosystems and the Terrestrial Carbon Sink: A New Assessment, 65; 489 - 490.
- Wilding, L.P. (1985). Spatial variability: it's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil Spatial Variability.* (Eds: Nielsen, D.R. and J. Bouma) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, p. 166-194.
- Yang, Y., Chen, Y., Li, Z., & Chen, Y. (2018). Land-use/cover conversion affects soil organic-carbon stocks: A case study along the main channel of the Tarim River, China. *PloS one, 13(11), e0206903.*
- Yıldız N., Akbulut, Ö. ve Bircan, H. (1998). İstatistiğe giriş. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Yimer, F. ve Abdulkadir, A. (2011). The effect of cropland fallowing on soil nutrient restoration in the Bale Mountains, Ethiopia. *Journal of Science and Development, 1(1), 43-51.*
- Zhang, C., Tang, Y., Xu, X., Kiely, G. (2011). Towards spatial geochemical modelling: use of geographically weighted regression for mapping soil organic carbon contents in Ireland. *Applied Geochemistry, 26(7), 1239-1248.*

## ÖZ GEÇMİŞ



Merve Yılmaz, 1 Şubat tarihinde İstanbul Şişli’de doğdu. İstanbul Özdemir Sabancı Anadolu Lisesini bitirdikten sonra Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bahçe Ziraatı Teknikerliği bölümünden mezun oldu. Eğitim hayatına Orta Doğu Teknik Üniversitesi İngilizce İktisat bölümünde devam etti ve İngilizce hazırlık eğitimini tamamladıktan sonra Türkçe bölüme geçiş hakkını kullanarak İstanbul Üniversitesi Türkçe İktisat bölümüne geçiş yaptı. İktisat eğitimini 2.sınıfta bırakarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne kayıt oldu. Bu bölümden 2018 yılında mezun olduktan sonra Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ana bilim dalında Yüksek Lisans programına devam etti. Yüksek lisansta Universität für Bodenkultur Austria Wien’de Erasmus programına kabul edildi.

### **İletişim Bilgileri**

E mail : agriculture.merve@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1309-9500>

### **Kazanımlar**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bahçe Ziraatı Teknikerliği Bölüm Birinciliği,  
Çanakkale Bilim Şenliği Su kültürü yetiştiriciliği dalında üçüncülük ödülü,  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Okulu Öğrenci Temsilciliği,  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi (SPSS istatistik programı, ArcGIS Haritalama Programı, Kosgeb belgesi, Yabancı dil sertifikası).