

**KOCAELİ-KARTEPE TARIM TOPRAKLARININ BAZI  
ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİNİN CBS İÇİNDE KONUMSAL  
ANALİZİ**

**Burak TOLU**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAELİ-KARTEPE TARIM TOPRAKLARININ BAZI ÖNEMLİ  
ÖZELLİKLERİNİN CBS İÇİNDE KONUMSAL ANALİZİ**

Burak TOLU

0000-0003-2783-5553

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
(Danışman)

0000-0002-4421-7936

YÜKSEK LİSANS  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA – 2023  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

Burak TOLU tarafından hazırlanan “KOCAELİ-KARTEPE TARIM TOPRAKLARININ BAZI ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİNİN CBS İÇİNDE KONUMSAL ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
0000-0002-4421-7936

**Başkan :** Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ  
0000-0002-5872-0655  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı  
İmza

**Üye :** Prof. Dr. Ertuğrul AKSOY  
0000-0003-4443-3652  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı  
İmza

**Üye :** Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
0000-0002-4421-7936  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı  
İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali KARA**  
**Enstitü Müdürü**  
....../....../2023

**B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**26/07/2023**

**Burak TOLU**

## TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY  
Tarih  
26/07/2023

Burak TOLU  
Tarih  
26/07/2023

## ÖZET

Yüksek Lisans

### KOCAELİ-KARTEPE TARIM TOPRAKLARININ BAZI ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİNİN CBS İÇİNDE KONUMSAL ANALİZİ

**Burak TOLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

Bu araştırmada tarımsal üretim potansiyeli yüksek Kocaeli-Kartepe ilçesi tarım topraklarında bazı önemli toprak verimliliği parametreleri incelenmiş ve bu parametrelerle coğrafi bilgi sistemi teknikleri kullanılarak konumsal dağılım haritalarının üretilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada Kartepe ilçesi genelinde 0-30 cm derinlikte 75 adet farklı tarladan koordinatları kaydedilerek toprak örnekleri alınmıştır. Örneklerde yapılan analizler; tekstür, pH, toplam tuz, kireç, toplam azot, organik madde, yarayışlı mikro ve makro besin elementleridir. Noktasal bazda her bir numuneye ait laboratuvar analiz verileri değerlendirilerek jeoistatistik yöntemlerle konumsal dağılım haritaları üretilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, toprak örneklerinin bünyesi orta hafif ve ağır bünyeli topraklar arasında dağılım göstermiştir. Alınan numunelerin % 99,98'i tuzsuz topraklardır. Bölge topraklarının % 93,19'u az kireçli ve kirecsizdir. Toplam azot kapsamı bakımından % 75,66'sı orta ve üstü sınıftadır. Yarayışlı fosfor bakımından toprakların % 81,34'ü yüksek ve çok yüksek sınıfında olup yarayışlı potasyum bakımından % 77,77'i fazla sınıfta yer almaktadır. Bölge topraklarının %71,89'unda değişebilir kalsiyum miktarı fazla olup, % 80,39'unda değişebilir magnezyum miktarı yeterli ve üstü sınıftadır. Bölge topraklarının tamamında yarayışlı demir kapsamı yüksek, bakır kapsamı ise yeterli ve fazla düzeyde bulunmuştur. Toprakların % 84,53'ünde yarayışlı mangan kapsamı yeterli, yarayışlı çinko kapsamı ise toprakların % 99,27'sinde yeterli ve üstü sınıftadır. Çalışma bölgesinde değişkenliği en fazla gösteren toprak özelliği kireç (VK=%138,07), değişkenliği en az gösteren toprak özelliği ise toprak reaksiyonu (VK=%11,41) olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, bölgede sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sağlayacak ve çiftçiler daha kaliteli ürün üretebilecektirler.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak bilgi sistemi, coğrafi bilgi sistemi, toprak haritalama, verimlilik, jeoistatistik  
**2023, xi + 48 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

Spatial analysis of some important properties of Kocaeli-Kartepe agricultural soils in GIS

**Burak TOLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Gökhan ÖZSOY

In this study, some important soil fertility parameters were examined in the agricultural lands of the Kocaeli-Kartepe district with high agricultural production potential, and it was aimed to produce spatial distribution maps with these parameters by using geographic information system techniques. In the study, soil samples were taken from 75 different fields at a depth of 0-30 cm throughout the town of Kartepe by recording their coordinates. Analyzes made in the samples; texture, pH, total salt, lime, total nitrogen, organic matter, micro and macronutrients. By evaluating the laboratory analysis data of each sample on a point basis, spatial distribution maps were produced using geostatistical methods. According to the results, the texture of the soil samples was distributed between medium and heavy-textured soils. 99,98% of the samples taken were salt-free soils. 93,19% of the region's soils were slightly calcareous and non-calcareous. In terms of total nitrogen content, 75,66% is in the middle and upper class. In terms of total nitrogen content, 75,66% of the land was in the middle and upper class. In terms of available phosphorus, 81,34% were classified in the high and very high class. Available potassium contents of the soils were classified as in the extreme classes. The amount of exchangeable calcium and magnesium were determined as high (71,89% of the soils) and insufficient or above class (80,39% of the soils), respectively. In all territories of the region, the useful iron contents of the soils were high and the copper contents were at sufficient levels. The available manganese content was sufficient in 84,53% of the soils, and the available zinc content was sufficient and above in 99,27% of the soils. The soil property showing the most variability in the study area was lime content (VK=138,07%), and the soil property showing the least variation was the soil reaction (VK=11,41%). The results of this study will contribute to sustainable agricultural production in the study area and the farmers will able to produce more quality products.

**Key words:** Soil information system, geographic information system, soil mapping, fertility, geostatistics

**2023, xi + 48 pages.**

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim süresi boyunca bilimsel katkıları, tecrübesi ve sabrı ile tez çalışmamda benden hiçbir desteğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü katkı ve desteği için meslektaşım ve çalışma arkadaşım Alper AKIN'a, tez çalışmamda gösterdikleri emek ve destekleriyle bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Onur ÖKSÜZ ve Ufuk KÖSE'ye ayrıca arazi çalışmalarında bana destek olan çalışma arkadaşım Tamer CANİGENİŞ'e sonsuz teşekkür ederim.

Eğitim yaşamı ve yüksek lisansım boyunca her türlü desteğini veren sevgili babama, anneme ve kardeşlerime teşekkürü borç bilirim.

Hayatın her alanında olduğu gibi tez çalışmamda da bana her anlamda destek olan, beni cesaretlendiren kıymetli eşim Büşra'ya ve çalışmama izin veren oğlum Enes'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burak TOLU  
26/07/2023



## İÇİNDEKİLER

|                                                                  | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| ÖZET.....                                                        | vi           |
| ABSTRACT.....                                                    | vii          |
| TEŞEKKÜR.....                                                    | viii         |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                             | x            |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                          | xi           |
| 1. GİRİŞ .....                                                   | 1            |
| 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI .....                 | 4            |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM.....                                       | 7            |
| 3.1. Materyal .....                                              | 7            |
| 3.1.1. Konum.....                                                | 7            |
| 3.1.2. İklim .....                                               | 8            |
| 3.1.3. Jeoloji ve Jeomorfoloji.....                              | 8            |
| 3.1.4. Tarımsal Üretim ve Temel Toprak Özellikleri.....          | 9            |
| 3.1.4.1. Alüviyal Topraklar .....                                | 10           |
| 3.1.4.2. Kolüviyal Topraklar .....                               | 11           |
| 3.1.4.3. Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları.....               | 11           |
| 3.1.4.4. Rendzina Topraklar .....                                | 12           |
| 3.2 Yöntem .....                                                 | 12           |
| 3.2.1. Toprak örnekleme, fiziksel ve kimyasal analizler .....    | 12           |
| 3.2.2. Tanımlayıcı istatistikler ve verilerin haritalanması..... | 14           |
| 4. BULGULAR .....                                                | 18           |
| 4.1. Çalışma Alanı Topraklarının İstatistiksel Yorumu .....      | 18           |
| 4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Korelasyon Analizi.....         | 19           |
| 4.3. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....      | 200          |
| 5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....                                       | 37           |
| KAYNAKLAR .....                                                  | 44           |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                   | 48           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                       | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. Çalışma alanı konum haritası.....                                                          | 7     |
| Şekil 3.2. Çalışma alanı toprak grupları haritası.....                                                | 10    |
| Şekil 3.3. Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinin konumsal dağılımı haritası.....              | 13    |
| Şekil 4.1. Kartepe ilçesi tarım topraklarının bünye sınıfları dağılımı haritası.....                  | 22    |
| Şekil 4.2. Kartepe ilçesi tarım topraklarının pH sınıfları dağılımı haritası.....                     | 23    |
| Şekil 4.3. Kartepe ilçesi tarım topraklarının kireç sınıfları dağılımı haritası.....                  | 25    |
| Şekil 4.4. Kartepe ilçesi tarım topraklarının organik madde sınıfları dağılımı haritası.....          | 26    |
| Şekil 4.5. Kartepe ilçesi tarım topraklarının toplam azot sınıfları dağılımı haritası.....            | 27    |
| Şekil 4.6. Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı fosfor sınıfları dağılımı haritası.....       | 28    |
| Şekil 4.7. Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı potasyum sınıfları dağılımı haritası.....     | 30    |
| Şekil 4.8. Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı çinko sınıfları dağılımı haritası.....        | 31    |
| Şekil 4.9. Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı bakır sınıfları dağılımı haritası.....        | 32    |
| Şekil 4.10. Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı mangan sınıfları dağılımı haritası.....      | 33    |
| Şekil 4.11. Kartepe ilçesi tarım topraklarının değişebilir kalsiyum sınıfları dağılımı haritası.....  | 35    |
| Şekil 4.12. Kartepe ilçesi tarım topraklarının değişebilir magnezyum sınıfları dağılımı haritası..... | 36    |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                           | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 3.1. Toprak analiz sonuçlarının toprak verimliliği açısından değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerleri..... | 17    |
| Çizelge 4.1. Çalışma alanı topraklarının tanımlayıcı istatistik parametreleri .....                                       | 19    |
| Çizelge 4.2. Çalışma alanı topraklarının korelasyon analizi tablosu. ....                                                 | 21    |
| Çizelge 4.4. Çalışma alanı topraklarının pH sınıfları ve alansal bilgileri. ....                                          | 23    |
| Çizelge 4.5. Çalışma alanı topraklarının toplam tuz sınıfları ve alansal bilgileri.                                       | 24    |
| Çizelge 4.6. Çalışma alanı topraklarının kireç sınıfları ve alansal bilgileri. ....                                       | 24    |
| Çizelge 4.7. Çalışma alanı topraklarının organik madde sınıfları ve alansal bilgileri. ....                               | 25    |
| Çizelge 4.8. Çalışma alanı topraklarının toplam azot sınıfları ve alansal bilgileri. ....                                 | 27    |
| Çizelge 4.9. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı fosfor sınıfları ve alansal bilgileri. ....                            | 28    |
| Çizelge 4.10. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı potasyum sınıfları ve alansal bilgileri. ....                         | 29    |
| Çizelge 4.11. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı demir sınıfları ve alansal bilgileri. ....                            | 29    |
| Çizelge 4.12. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı çinko sınıfları ve alansal bilgileri. ....                            | 31    |
| Çizelge 4.13. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı bakır sınıfları ve alansal bilgileri. ....                            | 32    |
| Çizelge 4.14. Çalışma alanı topraklarının yarayışlı mangan sınıfları ve alansal bilgileri. ....                           | 33    |
| Çizelge 4.15. Çalışma alanı topraklarının değışebilir kalsiyum sınıfları ve alansal bilgileri. ....                       | 35    |
| Çizelge 4.16. Çalışma alanı topraklarının değışebilir magnezyum sınıfları ve alansal bilgileri. ....                      | 36    |

## 1. GİRİŞ

Dünyanın birçok bölgesinde yaşanan savaşlar ve göçler nedeniyle gıdaya ulaşımında yaşanan güçlükler, pandemi gibi küresel bazda tarımsal üretimde ve tarım ürünlerinin tüketiciye ulaştırılmasında karşılaşılan olumsuzluklar ve dengesiz fiyat dalgalanmaları, hızlı nüfus artışının birçok bölgede kontrol altına alınamaması, küresel ısınma sonucu yaşanan kuraklık ve iklim değişikliği nedeniyle temel ihtiyaç maddelerinin üretiminin kısıtlanması tarımsal üretimin önemini günümüzde daha da arttırmıştır. Tüm bunlara ek olarak, sanayileşme, şehirleşme ve toprakların amaç dışı kullanımı gibi sebepler sürdürülebilir tarımın geleceğini yakından tehdit etmektedir. Zira tarımsal üretimin sürdürülebilir olması en başta toprak ve su kaynaklarının korunmasıyla olabilir. Günümüzde yapılan hatalı gübreleme ve sulama uygulamaları düzeltildiği takdirde toprak bozulumu önlenecek, su tasarrufu sağlanacak ve birim alandan yüksek miktarda kaliteli ve sürdürülebilir ürün elde edilecektir. Söz konusu hedeflere ulaşabilmek için nitelikli toprak analizlerinin yapılarak topraktaki mevcut bitki besin maddelerinin miktarı ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri belirlenmeli ve arazilerin daha etkin kullanımı için toprak verimliliğini arttıracak teknolojik olanaklardan faydalanılmalıdır. Bu teknolojik olanakların başında ilgilenilen toprak ve bitki için temel veri üretiminin sağlandığı, çiftlik veya parsel ölçeğinde planlamaların yapılabildiği, bitkilerin beslenme ve sağlık durumlarının takibi, toprağın tanınması ve verimliliğin analizi, arazi kullanım ve örtü durumunun incelenmesi gibi birçok haritalama çalışmalarının yapılabildiği coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile uzaktan algılama (UA) teknolojileri gelmektedir (Ozsoy ve Aksoy 2015b).

Sürdürülebilir tarımsal üretim açısından, toprak özelliklerinin zaman zaman belirlenerek ortaya koyulması gerekmektedir. Gübreleme tavsiyelerinin temel taşıını oluşturan bitki besin elementleri hakkında bilgi sahibi olmak ürün verimini arttırmayı ve en üst düzeye çıkarmayı sağlamaktadır. Amaç, toprak yönetimindeki değişiklikleri bu sonuçlara göre değerlendirerek ülke topraklarına en iyi şekilde katkı sağlamaktır.

Gelişmiş ülkelerin çoğu toprağın sürdürülebilir kullanımı ve verimliliği adına tarım alanlarına oldukça önem vermektedir. Söz konusu bu ülkeler, tarım teknolojileri

alanındaki gelişmelerden faydalanarak, özellikle gübre gibi girdi maliyetlerini azaltmak için, jeoistatistiksel yöntemlere başvurmakta ve sonuçta tarımsal üretimden önemli kazanç elde etmektedirler. Bu durum sağlıklı toprak verilerine ve jeoistatistiksel yöntemlere duyulan ihtiyacın gelecekte daha da artacağını göstermektedir.

Belirli kriterlere göre sınıflandırılmak üzere bilgisayar ortamına aktarılan veriler konumsal enterpolasyon yöntemleri ile tüm alana yayılmakta ve alana ait konumsal dağılım haritaları elde edilerek CBS kapsamında değerlendirilmektedir (Heuvelink 2006). Noktasal verilerin birbirlerine olan konumsal değişiminin tahmininde birçok enterpolasyon yöntemi geliştirilmiştir. Toprak verimliliği ile ilgili çalışmalarda toprak özelliklerinin değişkenliği fazla olduğundan doğru enterpolasyon yönteminin seçimi önemlidir. Çalışma amacı, çalışmanın yürütüldüğü arazi koşulları ve elde edilen verilerin sağlıklı enterpolasyon yönteminin seçiminde göz önüne alınması gereken unsurlardandır (Chang 2004).

Kocaeli bölgesi, Türkiye’de gelişen sanayi ve turizmin yanında önemli tarım alanlarına sahip olup tarımsal üretim potansiyeli yüksek bir ildir. İl genelinde birçok tarımsal ürün yetiştirilmektedir. Ancak bir önceki yıla göre bölgede tarım alanlarının azaldığı görülmektedir. Günümüzde Kocaeli’nde 793596 dekarlık alanda tarla tarımı yapılmaktadır. Tahıl ve diğer bitkisel ürünler 514309 dekar alan kaplamakta olup 137590 dekar meyve bahçesi alanına sahiptir (TÜİK 2022). Kartepe ilçesi özellikle meyvecilikte ön planda olup hayvancılık ve arıcılık faaliyetleri de bölge halkının geçim kaynakları arasındadır.

Kartepe ilçesinin tarım alanlarının genelde verimli olduğunun söylenmesi, daha önce bölgede bu detayda bir çalışma yapılmamış olması, yöre çiftçilerinin meyvecilik ve tarla tarımına önem vermesi gibi sebepler bu bölgenin araştırma konusu olarak seçilmesinde temel nedenleri oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Kartepe bölgesi tarım topraklarının toprak verimliliği açısından değerlendirilmesi amacıyla örneklenmesi, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi, elde edilen verilerin jeoistatistiksel olarak

CBS ortamında üretilen verimlilik haritaları ile konumsal değişimlerinin gösterilmesi amaçlanmıştır. Böylece tarımsal üretim amaçlı kullanılan bölge topraklarının verimlilik durumu detaylı olarak incelenecek ve bazı öneriler sunulabilecektir. Bu çalışma ile bölge toprakları hakkında elde edilecek veriler, karar vericilere de önemli toprak verisi sağlayacaktır.

## **2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Toprak oluşumu çok uzun yıllar alan, üstünde karasal bütün canlıları barındıran ve yenilenemeyen kıt doğal bir kaynaktır. İnsanlığın beslenmeye duyduğu ihtiyaç ile toprak ve tarım insanlık için vazgeçilmez olmaktadır. Toprak haritaları arazi kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir olmasını sağlamak için başvurulacak önemli kaynakların başında gelmektedir. Toprak analizleri öncesi ön hazırlık ve haritalama çalışmaları sonucu üretilen toprak yüzey haritaları ve buna paralel sunulan raporlar kullanıcı ve araştırmacılar için toprak veri tabanı oluşturmaktadır. Tarımsal amaçlı yapılacak planlamalar, çevresel faktörler, mühendisliğin diğer dalları ve doğal kaynakların korunması ve planlanması için toprak veri tabanı oldukça önem arz etmektedir. Raporların detayları ve içerdiği ek bilgilerin zenginliği ile birlikte doğru veri sunması, sonraki kullanımlar için geçerli sonuçlar alınmasını sağlamak üzere bu amaca hizmet etmektedir (Rogowski ve Wolf 1994).

Günümüzde parsel bazlı üretilen verilerle sürdürülebilir tarımın devamı için birim alandan alınacak verimi artırmak asıl hedefler arasındadır. Toprağın sürdürülebilir kullanımı söz konusu kaynakların korunmasının yanında ayrıca toprak özelliklerinin incelenmesi ve konumsal dağılımının belirlenerek iyi anlaşılmasıyla mümkün olmaktadır. Toprakta meydana gelen çeşitli biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar kadar toprakta mevcut besin elementleri dengesini sağlamak da bitkisel üretim açısından son derece önemli olup toprak verimliliğinin sürdürülebilir olması için gereklidir. Tarımsal üretimde bitkilerin dengeli bir şekilde yaşamlarını sürdürebilmeleri için toprakta olması gereken azot, fosfor ve potasyum gibi zorunlu makro besin elementleri ve bitki gelişiminde büyük önem ihtiva eden mikro elementler tercih edilen toprak yönetim faaliyetlerine bağlı olarak toprakta gerçekleşen çeşitli reaksiyonlarda doğrudan veya dolaylı etki ederek toprak verimliliğini etkilemektedirler. Toprağın mineral besin elementleri sağlama kapasitesi kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesine bağlıdır (Ganorkar ve Chinchmalatpure 2013). Bitkisel üretim için önem arz eden besin maddeleri toprakta çoğu zaman yeterli düzeyde bulunmamaktadır. Bu nedenle, çeşitli nedenlerle topraktan kaybolup uzaklaşan bu besin maddelerinin tekrar toprağa takviye edilmesi ile toprakların ve yetiştirilen ürünlerin verimliliğini arttırmak gerekir. Bitki gelişimi için gerekli ve toprakta eksik olan mutlak

besin elementlerinin oranlarını tespit etmek amacıyla toprak analizleri yapılmaktadır. Ülkemizin çeşitli yörelerinde bu amaçla birçok araştırma yapılmıştır. Örneğin Turan ve ark. (2010), Bursa'da alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumlarını tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, aldıkları toplam 30 adet toprak örneğinin % 10'unda fosfor, % 46,66'sında azot yetersizliği olduğunu, % 43,34'ünde çinko ile % 90'ında da mangan noksanlığı bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu noksanlıklarla birlikte değişebilir potasyum, magnezyum, kalsiyum, bitkiye yararlı fosfor, demir ve bakırın ise yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Taşova ve Akın (2013), Marmara Bölgesi tarım topraklarının bitki besin maddesi kapsamalarını tespit etmek amacıyla çalışma yapmış, 1752 adet farklı noktadan toprak numunesi almışlardır. Sonuçlara göre incelenen bölge topraklarının az kireçli, tuzsuz ve organik madde yönünden fakir olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca toprakların yararlı potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği bakımından zengin, azot bakımından çok fakir ve fakir sınıfında bulunduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak, çalışma alanı örneklerinin % 47'sinde fosfor noksanlığı, % 53'ünde ise fosfor fazlalığı olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bu ve benzeri çalışmalarla topraktaki mevcut besin elementi miktarlarını tespit ederek sunulan önerilerle tarımsal faaliyetlerde çiftçi ve üreticiler için tek taraflı (tek bir element içeren) gübreleme yerine bilinçli bir gübreleme yapılması sağlanmaktadır. Toprakta bilinçsizce kullanılan gübreler, hatalı sulama faaliyetleri, toprak kirliliği, erozyon, çoraklaşma ve amaç dışı arazi kullanımı topraklarda meydana gelen bitkiye yararlı faaliyetlerin tahrip olmasına ve toprak kalitesinin azalmasına sebep olmaktadır. Söz konusu bu toprak bozulumu nedenleriyle her yıl tarım arazileri azalmaktadır. Bu sebeple bitkisel üretimi en üst seviyeye çıkarmak için çevre şartları ve toprak özellikleri göz önünde bulundurularak sürdürülebilir planlama ile araziye doğru kullanma ve iyi bir toprak yönetim sistemi için toprak özelliklerinin konumsal ve zamansal değişkenliği gibi önemli bilgiler edinmek önem arz etmektedir. Tüm bunların yanında arazilerin sürdürülebilir yönetimleri ve planlamalarının doğru bir şekilde hazırlanması için detaylı toprak haritalarının üretilmesine ihtiyaç vardır.



Toprak özelliklerinin ve haritalarının üretilme biçimi son birkaç on yıldaki teknolojik gelişmeler sayesinde muazzam bir potansiyel oluşturmuştur (McKensie ve ark. 2000). Bu gelişmeler neticesinde Tarım 4,0 olarak adlandırılan hassas tarım ile uydu sistemleri kullanılarak veri analizleri sonucunda değişken oranlı gübre uygulamaları, toprak ve bitki gelişimlerini takip edebilme, sulama kontrolü, ilaçlama ve otonom kontrol gibi teknolojik gelişmeler artmıştır. Özellikle gelişmiş ülkeler tarım alanında bu konuda ciddi yatırımlar yapmaktadır.

Arazi kullanım/örtü haritalama çalışmalarında uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) giderek daha da önem kazanmaktadır. Uzaktan algılama, güçlü veri işleyebilen bilgisayarların gelişmesiyle geniş çaplı tarım teknolojileri uygulamaları için basit kullanım sağlayan, iş gücünü ve maliyetleri düşüren bir etki sağlamıştır (Aksoy ve Özsoy 2004; Ozsoy ve Aksoy 2015a).

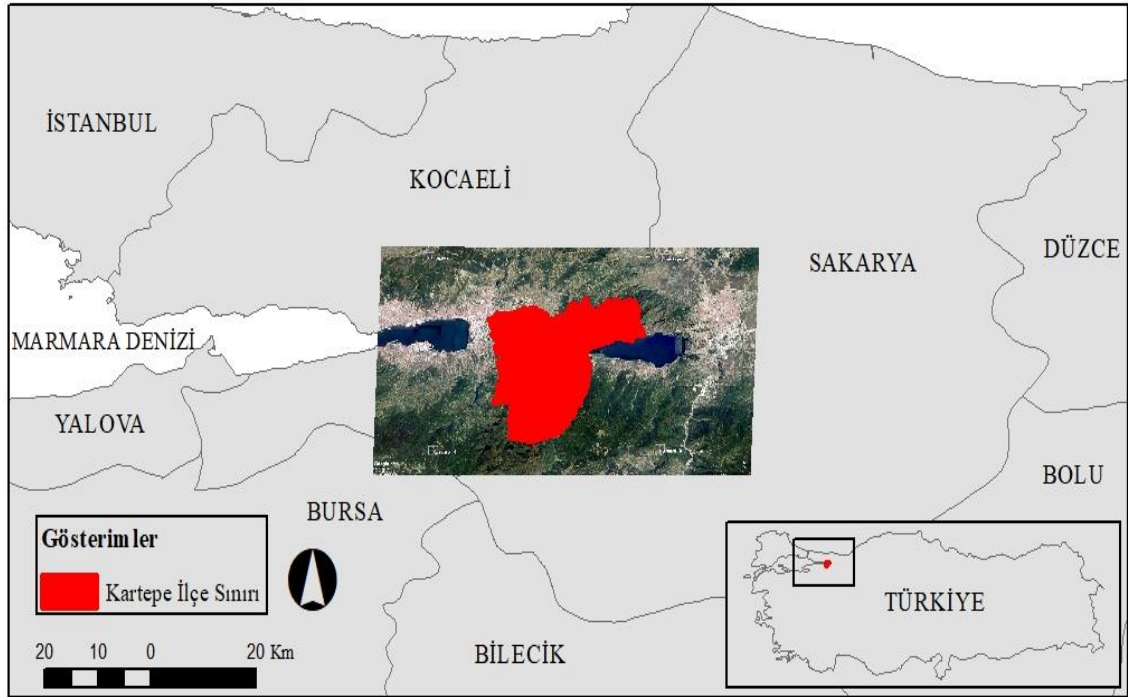
Toprak biliminin geleceğinde sayısal harita ve modellemelerin üretilmesi CBS'nin tarım alanında kullanımı ile daha çok artacaktır. Günümüze kadar dünyanın birçok yerinde CBS'nin toprak özelliklerinin jeostatistiksel yorumu ve konumsal dağılım haritalarının oluşturulmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Webster ve Oliver 1990; Goovaerts, 1997; McBratney ve Pringle 1997; Webster ve Oliver 2001; Kerry ve Oliver 2004; Ozsoy ve Alibas 2015; Özsoy 2019; Hatipoğlu 2019). CBS ve UA doğal kaynakların takibi ve modellenmesinde oldukça kullanışlı, zamandan ve işçilikten tasarruf sağlayarak maliyetleri düşüren bir teknolojidir (Burrough ve McDonnel 1998).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Konum

Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde bulunan Marmara Denizi'ne doğu-batı doğrultusunda uzanan ve iki yakanın kesiştiği körfezde Kocaeli'nin merkezi İzmit yer almaktadır. Körfezin güney tarafından Sapanca Gölü'nün güneyine doğru devam eden paralelde Samanlı Dağları uzanmaktadır. Bu sıradağın zirvesi İzmit'in güneydoğusunda yer alan Kartepe Dağı'dır. Bu zirve aynı zamanda Kartepe ilçesine de adını vermektedir. Kocaeli Platosu ve Samanlı Dağları yükseklikleri arasında kalan Kartepe ilçe merkezi, batıda İzmit ilçesine 8 km, güneyde Başiskele ilçesine 23 km ve doğuda Sapanca Gölü'ne 22 km uzaklıkta yer almaktadır. Çalışma alanı  $40.605^0$ - $40.805^0$  kuzey enlemleri ile  $29.26^0$ - $30.26^0$  doğu boylamları arasında yer almakta ve 270 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. Çalışma alanının konum haritası Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı konum haritası.

### 3.1.2. İklim

Marmara iklim çeşitliliğinin en fazla görüldüğü bölgedir. Kocaeli'nin Karadeniz kıyılarına Karadeniz iklimi hâkimken İzmit Körfezi'ne bakan kesimlerinde ise Akdeniz iklimi etkisi görülmektedir. Kartepe ilçesi konumu itibari ile bu iki iklimin etkilerini yansıtan özellik göstermektedir. Bu sebeple yazları Karadeniz kıyıları daha serin geçerken körfez kıyılarında daha bunaltıcı sıcaklar yaşanmaktadır. Yöreyle ait uzun yıllık meteoroloji verilerine bakıldığında yıllık sıcaklık ortalaması 14,9 C°, en yüksek sıcaklık 19,8 C° ve en düşük sıcaklık 10,9 C°'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı Karadeniz kesiminde 1000 mm'yi aşar ve güneye doğru inildikçe yağış miktarı azalır. Bölgede ortalama yıllık yağış miktarı 814,8 mm olup en yüksek yağış aralık, en düşük yağış ise ağustos ayında düşmektedir. Bölgede en yağışlı mevsim kış, en kurak mevsim ise yazdır. Kışın bölgeye hâkim rüzgârlar kuzey ve kuzeydoğu yönünden eserken yaz mevsiminde ise kuzeydoğudan esmektedir (Anonim 2023). Toprak Taksonomisi (Anonim 1999)'ne göre çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi thermic, toprak nem rejimi ise ustic rejimlerinde yer almaktadır.

Çalışma bölgesinde bitkisel üretim için yağışlar yeterli olup sulamaya fazla ihtiyaç duyulmamakta ve ciddi bir su problemi görülmemektedir. Kartepe ilçe sınırlarında gerektiğinde sulama için Sapanca Gölü ve birçok akarsudan faydalanılmaktadır. Sulama yapan üreticiler sebze ve meyve bahçelerinde genelde damla sulama, yağmurlama sulama ve salma sulama tiplerini tercih etmektedirler. Fındık bahçelerinde ise genelde sulama yapılmamaktadır.

### 3.1.3. Jeoloji ve Jeomorfoloji

Çalışma bölgesi jeolojik temelli sınıflama verilerine göre alüvyon, eski alüvyon yelpazesi, anglomera, tüf, andezit, bazalt, kumtaşı, volkanojik kumtaşı, kıltaşı, şeyl, kalkarenit, pelajik kireçtaşı, konglomera ve gevşek tutturulmuş konglomeradan oluşmaktadır.

Kuzey Anadolu fay hattı ve İzmit-Sapanca oluğu üzerinde bulunan Kocaeli coğrafyasını kuzeyde yarımadaı kaplayan plato ve tepelikler ile güneyde Samanlı Dağları

oluşturmaktadır. Jeolojik oluşum bakımından bölge, aktif tektonik ve volkanik faaliyetlerin ilk etkileri ile sonraki yıllarda dönüşüme uğrayarak bugünkü halini almıştır. Güneyde Samanlı Dağları'nın zirvesi Kartepe, kuzeyde Kocaeli alçak plato sahası, batıda alüvyonlu malzemelerle kaplı arazi sahası ve doğuda ise Sapanca Gölü bulunmaktadır (Meriç 1995). Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarının bulunduğu bölgeler hafif eğimli olup % 2-6 olarak sınıflanmaktadır. İlçenin rakımı 23 m'dir. Kartepe Dağı 1602 m rakım ile ilçenin en yüksek noktası olup Marmara'nın en büyük 3. dağıdır. İlçenin yüzölçümü ise 270 km<sup>2</sup> dir.

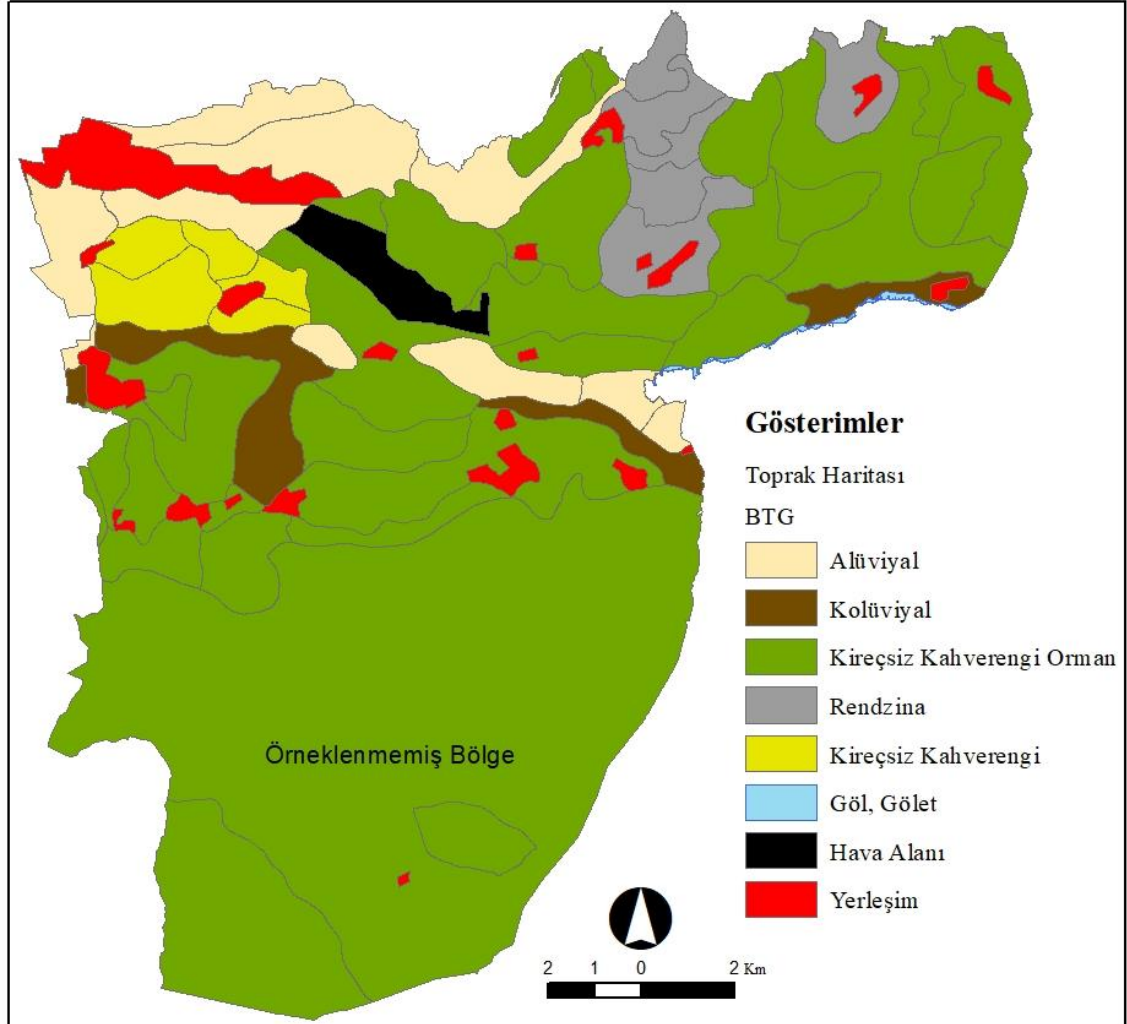
#### **3.1.4. Tarımsal Üretim ve Temel Toprak Özellikleri**

Kartepe ilçesi genelinde ekonomik anlamda büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık, kümes hayvancılığı, arıcılık ve tarla-bahçe tarımı yapılmaktadır. Bölgede meyvecilik ön plandadır. Ağırlıklı olarak elma, armut, ayva, incir, kiraz, şeftali, kivi, nar ve fındık üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda azalmakla birlikte bölgede en fazla üretimi yapılan sebzelerin başında domates, biber, patlıcan, kabak, fasulye, lahana, karpuz ve kavun gelmektedir. Tahıl olarak ise mısır, yonca ve buğday en çok üretilen ürünler arasındadır. 2022 yılı TÜİK verilerine göre Kartepe ilçesinin tarım alanı toplamı 34006 dekadır. Kartepe, il bazında bir önceki yıla göre azalmakla birlikte 2022 yılı toplam meyve üretim miktarı bazı ürünlerde ülke sıralamasında ilk sırada olup ilçeler arasında ise üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK 2022).

Kocaeli Kartepe bölgesine ait araziler 270 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır. İlçede yer alan Arslanbey Organize Sanayi Bölgesi son yıllarda artan faaliyetler ile çevre kirliliğine sebep olmakta ve bölge topraklarının kirlenmesine, dolayısıyla tarımsal üretimin olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca organize sanayi bölgesi faaliyete geçtikten sonra bölgedeki arazi birim fiyat değerleri artmış, arazi satışları fazlalaşmış ve tarım için elverişli alanlar azalmaya başlamıştır.

Çalışma alanında tarımsal üretimi kısıtlayıcı faktörler olarak bazı bölgelerde eğim, topraklarda kil içeriğinin fazla olması, drenaj sorunları ve sık toprak varlığı söylenebilir. Bölge topraklarında tuzluluk ve alkalilik problemi tespit edilmemiştir.

Bölgenin 1:100.000 ölçekli toprak haritasına göre çalışma alanında alüviyal, kolüviyal, rendzina, kireçsiz kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman büyük toprak grupları bulunmaktadır. Çalışma alanı toprak grupları haritası Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanı toprak grupları haritası.

#### 3.1.4.1. Alüviyal Topraklar

Genelde bitki besin maddeleri bakımından zengin akarsuların geçtiği alanlarda kum, silt ve benzeri minerallerin taşınması ve materyaller üzerinde birikmesiyle oluşan genç topraklardır. Horizonlar genellikle gelişmemiş olup akarsu taşkını ve depolaması ile birikim göstermediği alüviyal sahalarda A horizonu, nadiren ise B horizonu ile karşılaşılabilir. Bu topraklarda genellikle taban suyu sürekli ya da mevsimsel olarak

bulunmaktadır. Daha eski oluşan topraklarda kireç yıkanmış olabilir. Taban suyunun yüksek olduğu durumlarda ise toprağın üst kısımlarında ya da toprak profilinde tuzluluk görülebilir. Genel olarak alüviyal topraklar besin maddeleri bakımından zengin drenajın iyi olduğu tarıma uygun topraklardır (Atalay 2012). Kocaeli ilinde alüviyal topraklar daha çok İzmit Ovası'nda ve akarsu vadi tabanlarında bulunur. Toplam alanları 16856 ha'dır (Anonim 1991).

#### **3.1.4.2. Kolüviyal Topraklar**

Eğimli yamaçlar boyunca ayrılarak taşınan çeşitli boyutlardaki kumlu, siltli ve çakıllı malzemeler dağların eteklerinde birikerek kolüviyal depoları oluşturur. Bu depolar üzerinde oluşan topraklara ise kolüviyal topraklar denir. Yamaçlarda aşınmanın durduğu kolüviyal depolar üzerinde bazen A horizonlu sıg topraklar da oluşur. Kolüviyal depolar çok kalın yapıda olup fizyolojik derinlikleri birkaç metreyi bulabilir. Bu depolar, kökü derine inebilen ağaç türlerinin yetişmesine uygundur (Anonim 1991).

#### **3.1.4.3. Kirecsiz Kahverengi Orman Toprakları**

Genellikle 600 mm'nin üzerinde yağış alan yarı-nemli ve nemli bölgelerde kirecsiz kahverengi orman toprakları kendini göstermektedir (Atalay 2012). Bu gruptaki topraklar farklı ana kayalar üzerinde oluşmuştur. Toprak rengi ve baz doygunluğu organik madde miktarı ve ana materyale bağlı olarak değişir. Genellikle A(B)C horizonlarına sahip topraklar mevcuttur. Bu topraklarda her zaman B horizonu gözle fark edilemeyebilir. B horizonu bazen kil minerallerince zengin materyallere sahip olabilir. Birçok kısımda B horizonu yoktur ve A horizonu altında C horizonu bulunmaktadır. Genellikle yaprak dökken orman florasında bulunan topraklar organik maddece zengin ve verimli topraklara sahiptir. Bölgede bu topraklara sahip alanların toprak derinliği genelde sıg veya çok sıg, eğimleri ise genellikle orta, dik ve çok diktir. Ayrıca yüzey taşlılığı da görülmektedir (Anonim 1991).

#### **3.1.4.4. Rendzina Topraklar**

Organik madde bakımından zengin, killi kireçli tortullar üzerinde koyu renkli ve ağır bünyeye sahip rendzina topraklar oluşur. İçinde bol miktarda kireçtaşı, tebeşir parçaları ve marn şeklinde çok yumuşak tortul kayaçlar bulunur. Topraklar genelde iyi drenaja sahiptir. Bu topraklar tarıma elverişli olup genellikle Kartepe'nin kuzeyinde killi kireçli tortulların yer aldığı hafif engebeli yerlerde görülmektedir.

### **3.2 Yöntem**

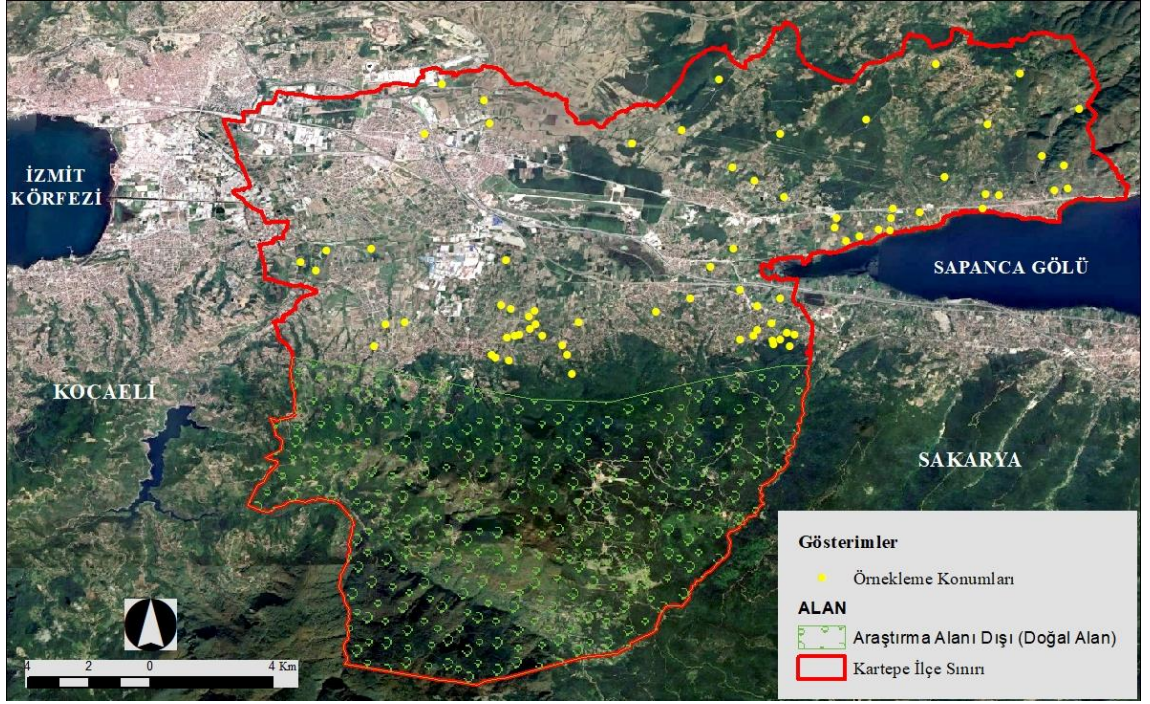
#### **3.2.1. Toprak örnekleme, fiziksel ve kimyasal analizler**

Çalışma kapsamında Kartepe tarım arazilerinde toprak örnekleme için GoogleEarth-Pro yazılımı kullanılarak güncel uydu görüntüsü yardımıyla her bölgeyi temsil edecek şekilde arazide örnek alınabilecek yerlerin ön çalışması yapılmış ve yaklaşık konumları tespit edilmiştir. 270 km<sup>2</sup> alan kaplayan çalışma bölgesinde tesadüfi örnekleme yöntemine göre 75 adet toprak örneği alınmıştır. Bu çalışmada örneklerin tesadüfi dağılım yöntemine göre toplanmasındaki ana sebepler; yoğun işlemeli tarım yapılan alanların seçimi, tarımsal ürün dağılımı, noktaya ulaşma kolaylığı, daha çok verimlilik sorunu olduğu düşünülen alanların seçimi, sulama-sulanmama durumu oluşturmaktadır.

Arazi çalışması sırasında her bir örnekleme noktasında 0-30 cm derinliğinden toprak numuneleri usulüne uygun olarak alınmış, etiketlenmiş ve bekletilmeden laboratuvara sevk edilmiştir. Her bir örnek noktasının coğrafi koordinatları ve deniz seviyesinden yüksekliği el tipi GPS yardımı ile kayıt altına alınmıştır.

Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinin konumsal dağılımı haritası Şekil 3.3'de sunulmuştur.





**Şekil 3.3.** Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinin konumsal dağılımı haritası.

Laboratuvar aşamasında, toplam 75 adet toprak örneği analiz edilmiştir. Örnekler oda sıcaklığında temiz bir zemin üzerine serilmiş taş ve bitki parçacıkları ayıklanarak hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Kuruyan topraklar ezilip, öğütülerek 2 mm' lik çelik elekten geçirilmiştir (Kacar 2009). Toprak numunelerinde bazı fiziksel ve kimyasal analizler aşağıdaki yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir;

**Mekanik analiz (Toprak Tekstürü):** Toprak numunelerinin kum, silt ve kil içerikleri hidrometre yöntemi ile Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği gibi yapılmıştır. Toprakların bünye sınıf seviyeleri ise Soil Survey Manual (Anonim 2017) tarafından bildirildiği gibi bulunmuştur.

**Toprak reaksiyonu (pH):** Toprak numunelerinin pH değerleri 1:2,5 oranında saf su eklenerek WTW İmolab pH 7110 model cam elektrotlu pH metre ile okunmuştur (McLean 1982).



**Elektriksel iletkenlik (EC):** Toprak numunelerinin elektriksel iletkenlik sonucu saf su ile doyurulan saturasyon ekstraktında WTW İmolab Cond 7110 model EC metre ile okunmuştur (Rhoades 1982).

**Kireç (% CaCO<sub>3</sub>):** Toprak numunelerinin kireç oranları Nelson (1982)'un bildirdiğine göre Scheibler kalsimetresinde % olarak hesaplanmıştır.

**Organik madde (%):** Toprak numunelerinin organik madde miktarı Walkley-Black ıslak yakma (yaş oksidasyon) yöntemiyle belirlenmiş ve % olarak hesaplanmıştır (Nelson ve Sommers 1982).

**Toplam azot (% N):** Toprak numunelerinin toplam azot oranı Kjeldahl yöntemiyle tespit edilmiştir. Numuneler VELP DK 6 yakma blokunda yakıldıktan sonra Foss KJELTEC™8100 marka buharlı damıtma cihazında damıtılarak sonuçlar bulunmuştur (Bremner 1965).

**Alınabilir fosfor (P):** Toprak numunelerinin bitkiye yararışlı fosfor miktarları 0,5 M sodyum bikarbonat ile (pH 8,5) ekstrakte edilerek süzildükten sonra ICP-OES ile ölçülerek tespit edilmiştir (Olsen ve ark. 1954).

**Değişebilir Katyonlar:** Toprakların değişebilir K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup> miktarları pH'sı 7,0'ye sabitlenmiş 1 N Amonyum Asetat çözeltisi ile ekstraksiyon sonucu elde edilen süzük ICP-OES ile ölçülerek tespit edilmiştir (Richards 1954).

**Yararışlı mikro elementler:** Toprakların bitkiye yararışlı demir, bakır, çinko ve mangan element miktarları 1:2 oranındaki toprak ve DTPA çözeltisinin ekstraksiyonu sonucu elde edilen süzük ICP-OES ile ölçülerek tespit edilmiştir (Jones 2001).

### **3.2.2. Tanımlayıcı istatistikler ve verilerin haritalanması**

Çalışmada örneklenen her bir örnek noktaya ait 0-30 cm tanımsal istatistik analizler MS Excel yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı istatistik verilerinin

analizinde SPSS 23 istatistik yazılımı kullanılmıştır. İncelenen her bir numunedeki özellikler için aritmetik ortalama, maksimum ve minimum değerler, basıklık, çarpıklık, ortanca, standart sapma, varyasyon katsayısı ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

Çalışma alanına ait bir CBS veri tabanı oluşturulmuştur. GoogleEarth-Pro görüntüsü, 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita ve diğer özniteliksel (tablosal) veriler mevcut veri tabanına altlık harita olarak yüklenmiştir. Tüm altlık haritalar aynı projeksiyon ve coğrafi koordinat sistemine atanmıştır. Daha sonra çalışma bölgesinin gerçek sınır haritası sayısallaştırılmış ve veri tabanına eklenmiştir. Tüm çalışma alanına ait örnekleme noktaları tesadüfi olarak seçilmiştir. Bu seçimde yoğun işlemeli tarım yapılan alanlar, tarımsal ürün deseni, noktaya ulaşma kolaylığı, daha çok verimlilik sorunu olduğu düşünülen alanlar, sulama varlığı gibi temel bazı özellikler göz önüne alınmıştır. Arazi çalışmalarından önce olası coğrafi noktaların asıl noktasal konumları GPS kullanılarak belirlenmiş ve bu coğrafi noktalardan örnekler toplanmıştır. Toprak örneklerinde yapılan tüm laboratuvar analiz sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi için elde edilen veriler MS Excel yazılımında tablosal veri ve çizelgeler şeklinde hazırlanmıştır. Numune koordinat bilgileri ile laboratuvar analiz sonuçları karşılaştırılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Coğrafi koordinatlara sahip bu veri seti oluşturulduktan sonra ArcGIS yazılımı ile IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak konumsal dağılım haritaları üretilmiş ve çalışma için daha önce oluşturulmuş altlık haritalar ile aynı koordinat sisteminde yer alan veri tabanına aktarılmıştır.

Bu çalışmada laboratuvar sonuçlarına bağlı olarak noktasal verilerden konumsal dağılım haritalarının oluşturulmasında çalışmanın yapıldığı toprak örneklerindeki nokta sayısına ve dağılımına bağlı olarak doğru sonuçlar veren Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (İngilizce: Inverse Distance Weighting-IDW) kullanılmıştır (Chang 2004).

IDW yönteminde enterpole edilecek mesafe arttıkça değerini azaltan ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına dayanan bir yüzey enterpolasyonu meydana gelmektedir. Fonksiyonun amacı bilinmeyen noktanın değerini bilinen noktaların yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken uzak olanlarına daha az ağırlık verecek şekilde bulmasıdır.

Genel olarak Shepard's Yöntemi olarak bilinen bu yöntem kullanılmaktadır (Shepard 1968).

Bu çalışma için kullanılan örnek sayısı ve konumsal dağılımı değerlendirildiğinde IDW tekniğine daha uygun bulunmuştur (Chang 2004). CBS içinde oluşturulan konumsal dağılım haritaları belirlenen çalışma alanlarının sınırları üzerine açılarak bölge sınırları içinde kalan bölümleri kesilmiş, örneklenmeyen bölge haritada belirtildikten sonra veri sistemine aktarılmıştır. Sonuç olarak çalışma bölgesinde IDW tekniği kullanılarak CBS içinde belli kriterlere göre alınan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek ayrı ayrı konumsal dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada standart sınır değerler kullanılarak topraktaki mevcut besin elementlerinin durumlarının ortaya çıkarılabilmesi ve laboratuvar analiz sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmada toprak özelliklerine ait incelenen laboratuvar analiz sonuçlarının toprak verimliliği açısından değerlendirilmesi amacıyla kullanılan sınır değerleri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Toprakta bulunan besin maddelerinin sınır değerleri toprak verimliliği açısından önem arz etmektedir. Bu sebeple bir elementin ortamda az ya da çok bulunması bitkilerde verim kaybına, toksik etkiye neden olmasına ve çeşitli olumsuzluklara neden olabileceği gibi toprağa ve bitkilere verilmesi gereken gübreler ile besin miktarının belirlenmesinde de ekonomik anlamda önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır.

**Çizelge 3.1.** Toprak analiz sonuçlarının toprak verimliliği açısından değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerleri.

| Özellik                                               | Toprak özelliğine ait sınır (sınıf) değerleri |                    |                   |                        |                     |                        | Kaynak                   |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>Bünye (Bouyoucus)*</b>                             | <b>Ağır</b>                                   | <b>Orta ağır</b>   | <b>Orta</b>       | <b>Orta hafif</b>      | <b>Hafif</b>        | <b>Çok hafif</b>       |                          |
|                                                       | C, SiC, SC                                    | SiCL, SCL, CL      | Si, SiL, L, vfSL  | fSL, SL                | LS, fS              | S, CoS                 | Anononim 2008            |
| <b>pH</b>                                             | <b>Kuvvetli asit</b>                          | <b>Orta asit</b>   | <b>Hafif asit</b> | <b>Nötr</b>            | <b>Hafif alkali</b> | <b>Kuvvetli alkali</b> |                          |
|                                                       | <4,5                                          | 4,5-5,5            | 5,5-6,5           | 6,5-7,5                | 7,5-8,5             | >8,5                   | Anononim 2008            |
| <b>Tuz, %</b>                                         | <b>Tuzsuz</b>                                 | <b>Hafif tuzlu</b> | <b>Orta tuzlu</b> | <b>Çok fazla tuzlu</b> |                     |                        |                          |
|                                                       | < 0,15                                        | 0,15-0,35          | 0,35-0,65         | > 0,65                 |                     |                        | Anononim 2008            |
| <b>Kireç, %</b>                                       | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Orta</b>       | <b>Fazla</b>           | <b>Çok Fazla</b>    |                        |                          |
|                                                       | < 1                                           | 1-5                | 5-15              | 15-25                  | > 25                |                        | Anononim 2008            |
| <b>Organik Madde, %</b>                               | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Orta</b>       | <b>İyi</b>             | <b>Yüksek</b>       |                        |                          |
|                                                       | < 1                                           | 1-2                | 2-3               | 3-4                    | > 4                 |                        | Anononim 2008            |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kg da<sup>-1</sup></b> | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Orta</b>       | <b>Yüksek</b>          | <b>Çok Yüksek</b>   |                        |                          |
|                                                       | < 3                                           | 3-6                | 6-9               | 9-12                   | > 12                |                        | Olsen 1954               |
| <b>K<sub>2</sub>O, kg da<sup>-1</sup></b>             | <b>Az</b>                                     | <b>Orta</b>        | <b>Yeter</b>      | <b>Fazla</b>           |                     |                        |                          |
|                                                       | < 20                                          | 20-30              | 30-40             | > 40                   |                     |                        | Richards 1954            |
| <b>Ca, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Yeterli</b>    | <b>Fazla</b>           | <b>Çok Fazla</b>    |                        |                          |
|                                                       | <380                                          | 380-1150           | 1150-3500         | 3500-10000             | >10000              |                        | FAO 1990                 |
| <b>Mg, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Yeterli</b>    | <b>Fazla</b>           | <b>Çok Fazla</b>    |                        |                          |
|                                                       | <50                                           | 50-160             | 160-480           | 480-1500               | >1500               |                        | FAO 1990                 |
| <b>Fe, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Az</b>                                     | <b>Orta</b>        | <b>Yüksek</b>     |                        |                     |                        |                          |
|                                                       | < 2,5                                         | 2,5-4,5            | > 4,5             |                        |                     |                        | Lindsay and Norvell 1978 |
| <b>Zn, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Yeterli</b>    | <b>Fazla</b>           | <b>Çok Fazla</b>    |                        |                          |
|                                                       | < 0,2                                         | 0,2-0,7            | 0,7-2,4           | 2,4-8                  | > 8                 |                        | Lindsay and Norvell 1978 |
| <b>Cu, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Yetersiz</b>                               | <b>Yeterli</b>     |                   |                        |                     |                        |                          |
|                                                       | < 0,2                                         | > 0,2              |                   |                        |                     |                        | Follet 1969              |
| <b>Mn, mg kg<sup>-1</sup></b>                         | <b>Çok Az</b>                                 | <b>Az</b>          | <b>Yeterli</b>    | <b>Fazla</b>           | <b>Çok Fazla</b>    |                        |                          |
|                                                       | < 4                                           | 4-14               | 14-50             | 50-170                 | > 170               |                        | Lindsay and Norvell 1978 |

\* C:kil, S:kum, Si:silt, L:tn, f:ince, vf:çok ince, Co:kaba

## 4. BULGULAR

### 4.1. Çalışma Alanı Topraklarının İstatistiksel Yorumu

Kocaeli Kartepe ilçesinin tarım alanlarından toplanan toprak örneklerinde bazı kimyasal ve fiziksel laboratuvar analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan analiz sonuçlarının daha iyi yorumlanabilmesi ve anlaşılabilmesi için tanımlayıcı istatistikleri yapılmıştır. Toprakların tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Varyasyon katsayıları toprak özelliklerindeki değişimler için önemli bir parametre olarak kabul edilmekte ve yapılan çeşitli çalışmalara göre düşük ( $<15\%$ ), orta ( $15-35\%$ ) ve yüksek ( $>35\%$ ) sınıflar ile belirtilmektedir (Mulla ve Mc Bratney 2000). Çizelge 4.1’de verilen varyasyon katsayıları incelendiğinde; Toprakta en az değişkenlik gösteren değer toprak reaksiyonu ( $11,41\%$ ) olmuştur. En fazla değişkenlik ise kireç değerinde ( $138,07\%$ ) bulunmuştur. Orta derecede değişkenlik gösteren toprak özellikleri ise kum ( $31,32\%$ ) ve silt ( $27,42\%$ )’de bulunmuştur. Diğer bütün toprak özelliklerinin değişkenliği yüksek sınıf olarak değerlendirilebilir. Çarpıklık katsayıları incelendiğinde tuz, kireç ve  $K_2O$  normal dağılımdan uzak pozitif dağılım göstermektedir. Silt ve pH değerleri negatif çarpıklığa sahip özellikte olduğu görülmektedir. İncelenen toprak özelliklerine bakıldığında bununla birlikte diğer toprak özelliklerinin kabul edilebilir ( $\pm 2$ ) çarpıklık katsayısı gösterdiği görülmektedir. Pozitif çarpıklık değerleri aşırı uç değerlere sahip olup incelenen kimyasal toprak özelliklerinde ortalamanın üzerinde olduğunu göstermektedir. Varyasyon katsayılarının yüksek bulunması ayrıca bu durumu desteklemektedir (Özyazıcı ve ark. 2015). Basıklık değerleri ise normal dağılıma göre pozitif değerler daha sivri, normal dağılıma göre negatif değerler ise daha basık olarak değerlendirilip değişkenin basıklık durumuyla ilgili bilgi vermektedir. Toprakların silt, organik madde, tuz, kireç, azot,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Mg ve mikro element içerikleri pozitif basıklık değerine sahip olup en yüksek basıklık değerini kireç içeriği göstermektedir. Kum, kil, pH, EC, ve Ca içerikleri negatif basıklığa sahiptir.

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanı topraklarının tanımlayıcı istatistik parametreleri

| <b>Toprak Özell.</b>                                   | <b>MAK.</b> | <b>MİN.</b> | <b>ARİT ORT.</b> | <b>BSK.</b> | <b>ÇRP.</b> | <b>ORT.</b> | <b>S.S.</b> | <b>VRY.</b> | <b>V.K. (%)</b> |
|--------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>Kum (%)</b>                                         | 72,56       | 17,84       | 41,96            | -0,78       | 0,27        | 37,84       | 13,14       | 172,70      | 31,32           |
| <b>Silt (%)</b>                                        | 41,28       | 4,00        | 26,05            | 0,58        | -0,55       | 26,72       | 7,14        | 51,03       | 27,42           |
| <b>Kil (%)</b>                                         | 58,88       | 10,88       | 32,08            | -0,74       | 0,31        | 31,44       | 11,29       | 127,44      | 35,19           |
| <b>pH</b>                                              | 8,12        | 4,80        | 6,63             | -0,28       | -0,32       | 6,78        | 0,76        | 0,573       | 11,41           |
| <b>EC <math>\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}</math></b>      | 1180,00     | 35,10       | 430,07           | -0,54       | 0,65        | 347,00      | 280,77      | 78833,08    | 65,28           |
| <b>Tuz (%)</b>                                         | 0,17        | 0,00        | 0,03             | 11,86       | 2,79        | 0,02        | 0,03        | 0,001       | 97,79           |
| <b>Kireç (%)</b>                                       | 26,92       | 0,00        | 2,56             | 30,81       | 4,85        | 1,85        | 3,54        | 12,514      | 138,07          |
| <b>Org.M. (%)</b>                                      | 5,41        | 0,76        | 2,66             | 0,44        | 0,81        | 2,55        | 1,00        | 1,006       | 37,67           |
| <b>Azot (%):</b>                                       | 0,59        | 0,04        | 0,19             | 1,43        | 1,15        | 0,15        | 0,11        | 0,012       | 57,18           |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg da<sup>-1</sup>)</b> | 85,82       | 3,58        | 21,45            | 2,72        | 1,66        | 15,21       | 17,66       | 311,743     | 82,31           |
| <b>K<sub>2</sub>O (kg da<sup>-1</sup>)</b>             | 266,93      | 9,39        | 57,98            | 9,26        | 2,72        | 45,07       | 46,73       | 2183,945    | 80,60           |
| <b>Ca (ppm)</b>                                        | 9211,00     | 363,00      | 3866,57          | -1,11       | 0,31        | 4043,00     | 2440,79     | 5957431,59  | 63,12           |
| <b>Mg (ppm)</b>                                        | 1538,20     | 2,68        | 354,37           | 1,10        | 1,34        | 159,60      | 355,13      | 126118,05   | 100,21          |
| <b>Fe (ppm)</b>                                        | 199,40      | 8,20        | 58,52            | 2,48        | 1,26        | 50,75       | 35,70       | 1274,835    | 61,02           |
| <b>Zn (ppm)</b>                                        | 12,75       | 0,36        | 3,07             | 3,04        | 1,64        | 2,48        | 2,52        | 6,346       | 82,08           |
| <b>Cu (ppm)</b>                                        | 32,72       | 1,46        | 7,25             | 2,32        | 1,64        | 4,30        | 6,93        | 48,033      | 95,65           |
| <b>Mn (ppm)</b>                                        | 90,24       | 3,41        | 23,61            | 3,65        | 1,84        | 19,04       | 18,06       | 326,168     | 76,51           |

ÇRP: Çarpıklık ORT: Ortanca S.S: Standart Sapma VRY: Varyans VK: Varyasyon katsayısı

#### 4.2. Çalışma Alanı Topraklarının Korelasyon Analizi

Tanımlayıcı istatistik analizleri yapılan çalışma alanı topraklarının korelasyon analizi yapılarak sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Tanımlayıcı istatistik verilerinin analizinde SPSS 23 istatistik yazılımı kullanılmıştır.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre topraklarda incelenen toprak özelliklerine bakıldığında 42 toprak karakterinin korelasyon katsayısı 0,01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Toprakların kum ile Zn içerikleri arasında, kil ile tuz, N, K<sub>2</sub>O, Ca ve Mg içerikleri arasında, pH ile kireç ve Ca içerikleri arasında, tuz ile kireç, Ca ve Mg içerikleri arasında, kireç ile Ca içerikleri arasında, O.M. ile P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O içerikleri ve N ile Ca içerikleri arasında, N ile Ca, Mg ve K<sub>2</sub>O içerikleri arasında, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile K<sub>2</sub>O, Zn ve Cu içerikleri arasında, K<sub>2</sub>O ile Ca içerikleri arasında, Fe ile Mn ve Zn içerikleri arasında, Zn ile Cu içerikleri arasında, Ca ile Mg içerikleri arasında 0,01 pozitif ilişki bakımından önemli bulunmuştur. Toprakların kum ile silt, kil, tuz, N, K<sub>2</sub>O, Zn, Ca ve Mg içerikleri arasında, kil ile Zn içerikleri arasında, pH ile Fe, Mn ve Mg içerikleri arasında, kireç ile Mn ve Fe içerikleri arasında, Fe ile Ca içerikleri arasında, Zn ve Ca içerikleri arasında, Cu ve Ca içerikleri arasında 0,01 negatif ilişki bakımından önemli bulunmuştur. İncelenen (değişkenler) toprak özellikleri arasında aynı sonuçlara göre 14 adet toprak karakterinin korelasyon katsayısı 0,05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Toprakların kum ve Cu içerikleri arasında, silt ve kireç içerikleri arasında, kil ve O.M. içerikleri arasında, tuz ve K<sub>2</sub>O içerikleri arasında, O.M ile Zn ve Mg içerikleri arasında, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve Fe içerikleri arasında, K<sub>2</sub>O ve Mg içerikleri arasında 0,05 pozitif ilişki bakımından önemli bulunmuştur. Toprakların silt ile Mg ve Cu içerikleri arasında, Zn ile kil, tuz ve Mg içerikleri arasında, N ve Cu içerikleri arasında 0,05 negatif ilişki bakımından önemli bulunmuştur.

#### **4.3. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

Kocaeli Kartepe ilçesi tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçları ilgili çizelgeler ile gösterilmiştir. Her bir toprak özelliği ve elementlere ait konumsal dağılım haritaları güncel olarak oluşturulmuştur. CBS içinde IDW enterpolasyon metodu uygulanarak oluşturulan konumsal dağılım haritaları ile parselde örnek alınmayan bölgelerin toprak özellikleri tahmin edilmiş olmaktadır.

**Çizelge 4.2.** Çalışma alanı topraklarının korelasyon analizi tablosu.

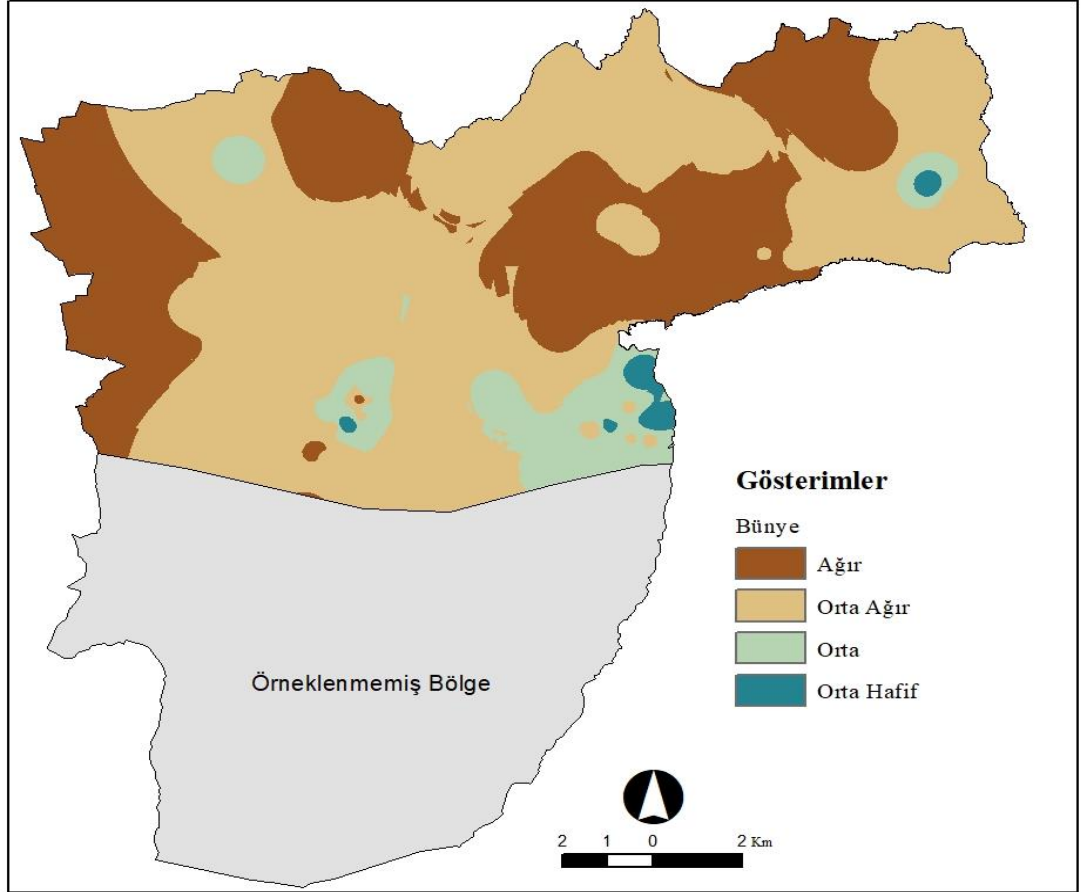
|                                   | <b>Kum</b> | <b>Silt</b> | <b>Kil</b> | <b>pH</b> | <b>Tuz</b> | <b>Kireç</b> | <b>O.M.</b> | <b>N</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | <b>K<sub>2</sub>O</b> | <b>Fe</b> | <b>Zn</b> | <b>Cu</b> | <b>Mn</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------|-----------|------------|--------------|-------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Kum</b>                        | 1          |             |            |           |            |              |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>Silt</b>                       | -,482**    | 1,00        |            |           |            |              |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>Kil</b>                        | -,787**    | -0,11       | 1,00       |           |            |              |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>pH</b>                         | 0,11       | 0,12        | -0,22      | 1,00      |            |              |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>Tuz</b>                        | -,466**    | 0,11        | ,433**     | 0,16      | 1,00       |              |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>Kireç</b>                      | -0,13      | ,244*       | -0,01      | ,526**    | ,597**     | 1,00         |             |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>O.M.</b>                       | -0,21      | -0,06       | ,246*      | 0,01      | 0,09       | -0,06        | 1,00        |          |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>N</b>                          | -,302**    | -0,03       | ,394**     | 0,04      | 0,06       | -0,06        | ,545**      | 1,00     |                                   |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | 0,16       | -0,17       | -0,08      | -0,01     | -0,05      | 0,01         | ,374**      | 0,04     | 1,00                              |                       |           |           |           |           |           |           |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>             | -,331**    | -0,05       | ,403**     | 0,05      | ,268*      | 0,15         | ,560**      | ,454**   | ,543**                            | 1,00                  |           |           |           |           |           |           |
| <b>Fe</b>                         | -0,01      | 0,04        | -0,02      | -,577**   | -0,21      | -,383**      | 0,17        | 0,03     | ,283*                             | -0,02                 | 1,00      |           |           |           |           |           |
| <b>Zn</b>                         | ,301**     | -0,12       | -,273*     | -0,04     | -,261*     | -0,15        | ,269*       | -0,15    | ,697**                            | 0,17                  | ,392**    | 1,00      |           |           |           |           |
| <b>Cu</b>                         | ,254*      | -,242*      | -0,16      | -0,04     | -0,19      | -0,13        | 0,08        | -,242*   | ,377**                            | -0,06                 | 0,20      | ,539**    | 1,00      |           |           |           |
| <b>Mn</b>                         | -0,17      | 0,02        | 0,17       | -,413**   | -0,11      | -,315**      | 0,11        | 0,02     | -0,02                             | -0,10                 | ,387**    | 0,23      | 0,03      | 1,00      |           |           |
| <b>Ca</b>                         | -,611**    | 0,06        | ,641**     | ,319**    | ,602**     | ,343**       | ,330**      | ,482**   | -0,16                             | ,465**                | -,373**   | -,431**   | -,390**   | -0,20     | 1,00      |           |
| <b>Mg</b>                         | -,512**    | -,243*      | ,753**     | -,305**   | ,307**     | -0,20        | ,286*       | ,426**   | -0,15                             | ,250*                 | 0,05      | -,267*    | -0,20     | 0,20      | ,561**    | 1,00      |

\*Korelasyon 0,05 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu)

\*\*Korelasyon 0,01 düzeyinde önemlidir (2 kuyruklu).



Toprakların bünye dağılımı haritası Şekil 4.1’de sunulmuştur. Şekilde sunulan haritaya göre incelenen numunelerin büyük çoğunluğu orta ağır ve ağır bünyelidir. Bölgenin batı ve kuzey kesimlerinde ağır bünyeli topraklar dağılım göstermektedir. Arazinin doğusu ve güney kesimlerinde lokal küçük alanlar şeklinde orta ve orta hafif bünyeli topraklar bulunmaktadır.

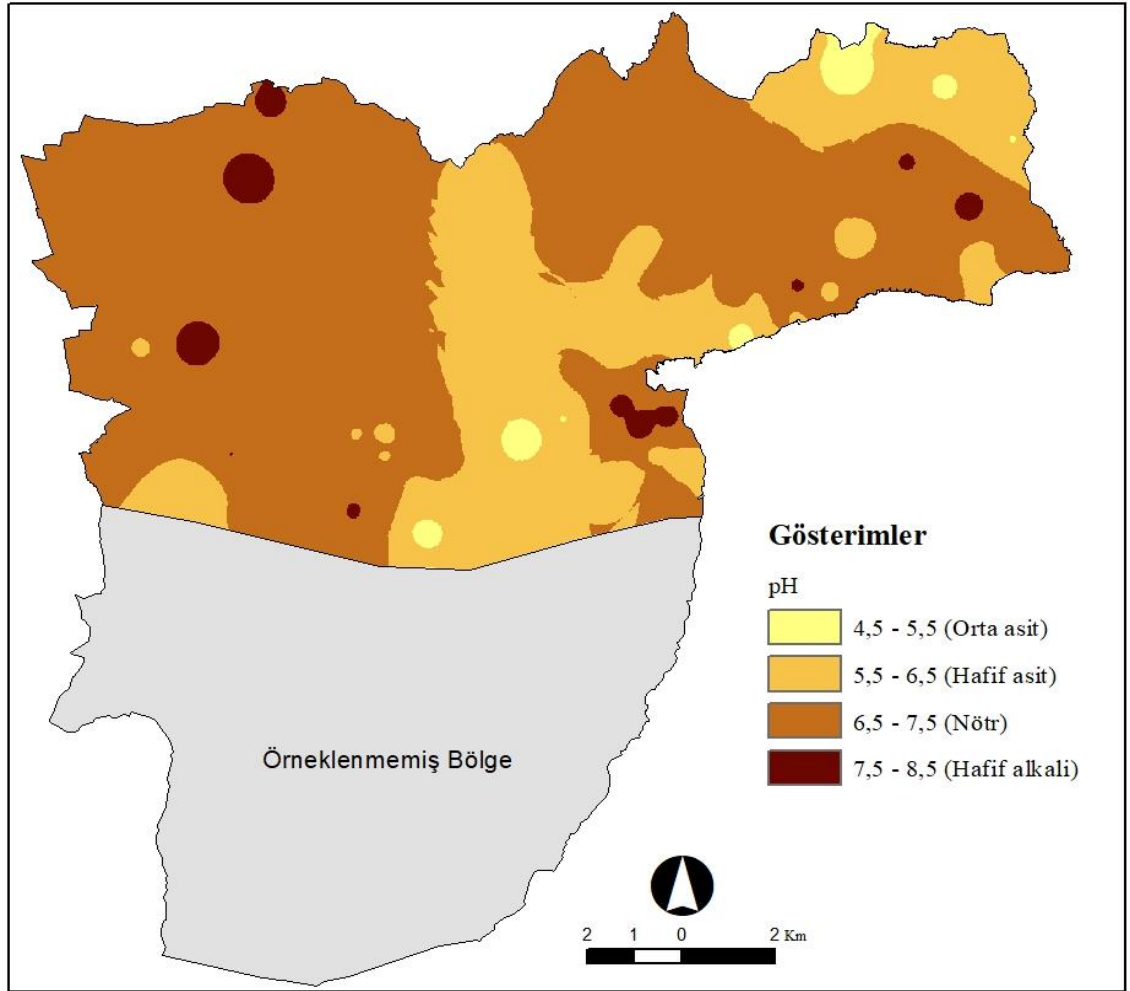


**Şekil 4.1.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının bünye sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.4’de verilen pH sınıflarına göre incelenen toprakların reaksiyonları orta asit ve hafif alkali sınıfında yer almaktadır. Buna göre toprakların % 67,78’i nötr pH değerine sahiptir. Toprakların pH dağılımı haritası ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Haritaya göre bölgenin doğu ve batı kısımları nötr ağırlıklı toprak dağılımına sahip olup bölgenin orta kesimleri ile kuzeydoğu kesimleri hafif asit ve az miktarda orta asit toprak dağılımına sahiptir. Ayrıca bölgede yer yer belli kesimlerde hafif alkalın topraklar görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** Çalışma alanı topraklarının pH sınıfları ve alansal bilgileri.

| Tanım           | pH değeri | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------------|-----------|----------|-----------|
| Kuvvetli asit   | <4,5      | -        | -         |
| Orta asit       | 4,5– 5,5  | 1,57     | 271,61    |
| Hafif asit      | 5,5-6,5   | 28,69    | 4950,25   |
| Nötr            | 6,5-7,5   | 67,78    | 11694,00  |
| Hafif alkali    | 7,5-8,5   | 1,96     | 337,66    |
| Kuvvetli alkali | >8,5      | -        | -         |
| Toplam          |           | 100,00   | 17253,52  |



**Şekil 4.2.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının pH sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.5’de verilen tuzluluk sınıflarına göre incelenen topraklarda büyük oranda tuz problemi görülmemiş olup toprakların % 99,98’i tuzsuzdur. Buna göre toprakların genellikle her bitkinin yetiştirilmesine uygun olarak herhangi bir tuzluluk sorunu olmadığı görülmektedir. Bölge topraklarında hafif tuzlu alanlar (% 0,02) çok az yer kaplamaktadır. Kartepe ilçesi arazilerinin % 99,98’lik kısmı tuzluluk durumu tek sınıfta (<%0,15 tuzsuz) yer aldığından ilçe tuzluluk haritası hazırlanmamıştır.

**Çizelge 4.5.** Çalışma alanı topraklarının toplam tuz sınıfları ve alansal bilgileri.

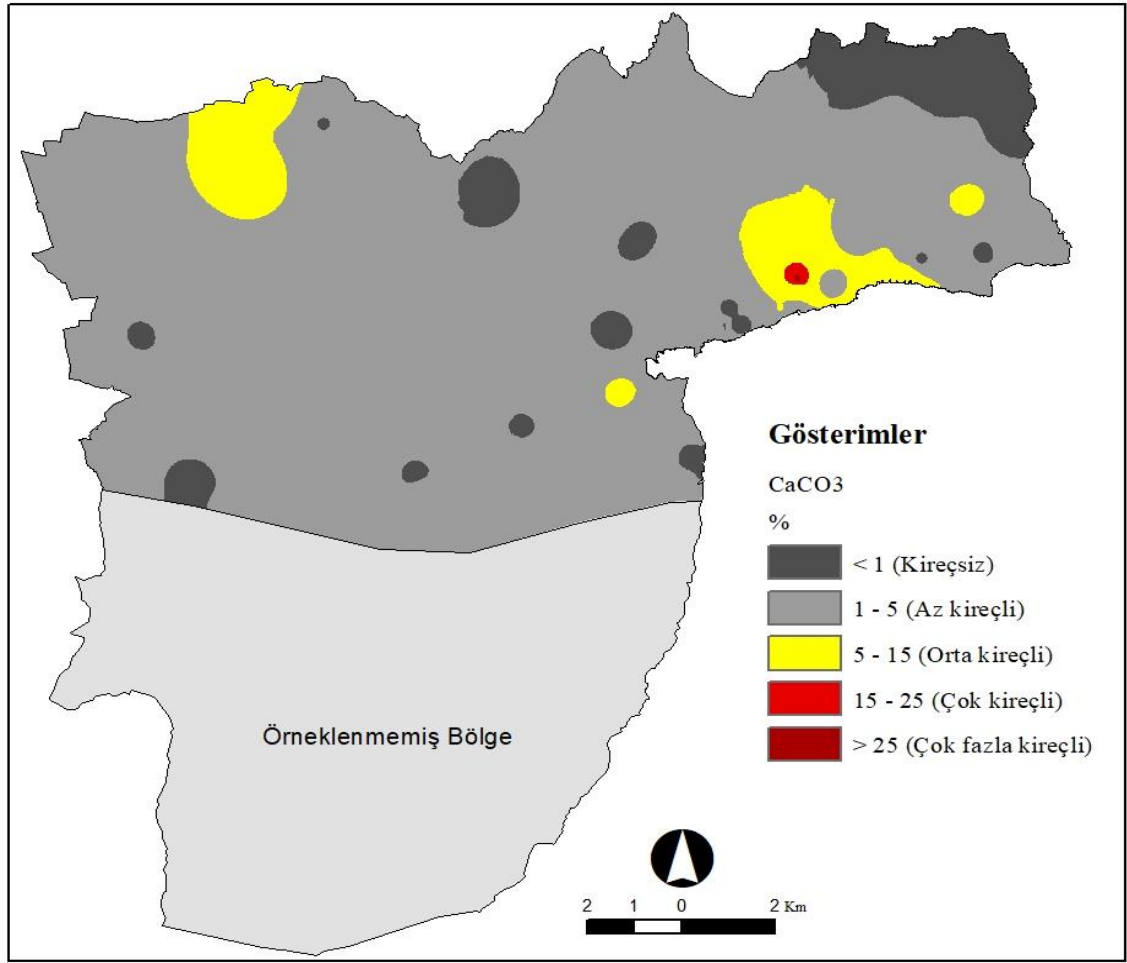
| Sınıf       | Toplam tuz (%) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-------------|----------------|----------|-----------|
| Tuzsuz      | < 0,15         | 99,98    | 17250,41  |
| Hafif tuzlu | 0,15 - 0,35    | 0,02     | 3,11      |
| Orta tuzlu  | 0,35 - 0,65    | -        | -         |
| Çok tuzlu   | > 0,65         | -        | -         |
|             | Toplam         | 100,00   | 17253,52  |

İncelenen toprakların kireç sınıfları ve alansal bilgileri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Buna göre toprakların % 85,08’i az kireçli, % 8,11’i çok az kireçli ve % 6,68’i ise orta kireçlidir.

**Çizelge 4.6.** Çalışma alanı topraklarının kireç sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf             | CaCO <sub>3</sub> (%) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-------------------|-----------------------|----------|-----------|
| Çok az kireçli    | < 1,0                 | 8,11     | 1398,80   |
| Az kireçli        | 1,0 - 5,0             | 85,08    | 14679,96  |
| Orta kireçli      | 5,0 - 15,0            | 6,68     | 1152,77   |
| Fazla kireçli     | 15,0 - 25,0           | 0,12     | 20,46     |
| Çok fazla kireçli | > 25,0                | 0,01     | 1,53      |
|                   | Toplam                | 100,00   | 17253,52  |

Toprakların kireç dağılımı haritası ise Şekil 4.3’de verilmiştir. Haritanın geneline bakıldığında az kireçli ve kireçsiz alanlar ağırlıkta olup kuzey-batı ve doğuda belli kesimde orta kireçli ve çok kireçli alanlar görülmektedir.



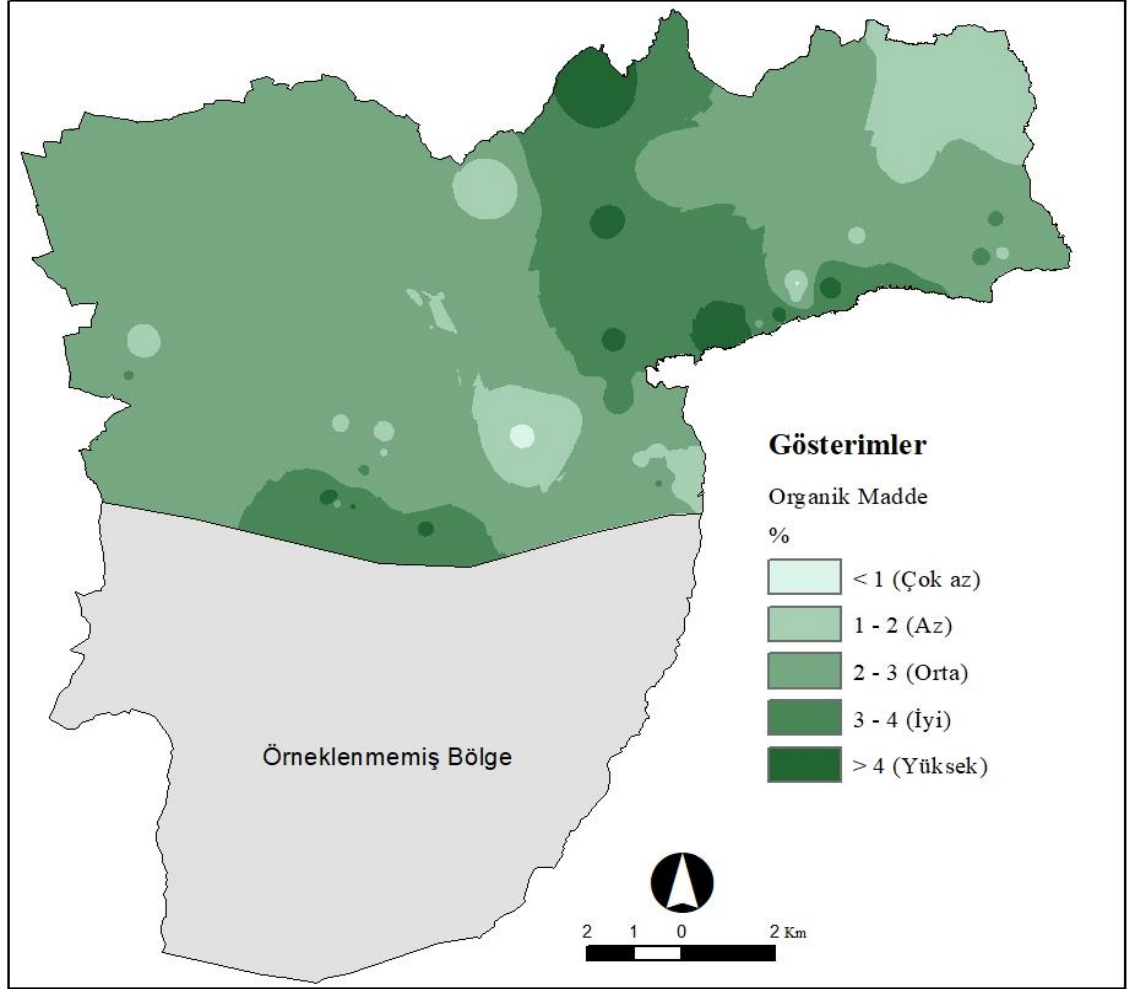
**Şekil 4.3.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının kireç sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.7’de verilen bilgilere göre toprakların % 68,84’ünde organik madde içeriği orta seviyede, % 18,42’sında iyi seviyede ve % 10,03’ünde az seviyededir.

**Çizelge 4.7.** Çalışma alanı topraklarının organik madde sınıfları ve alansal bilgileri.

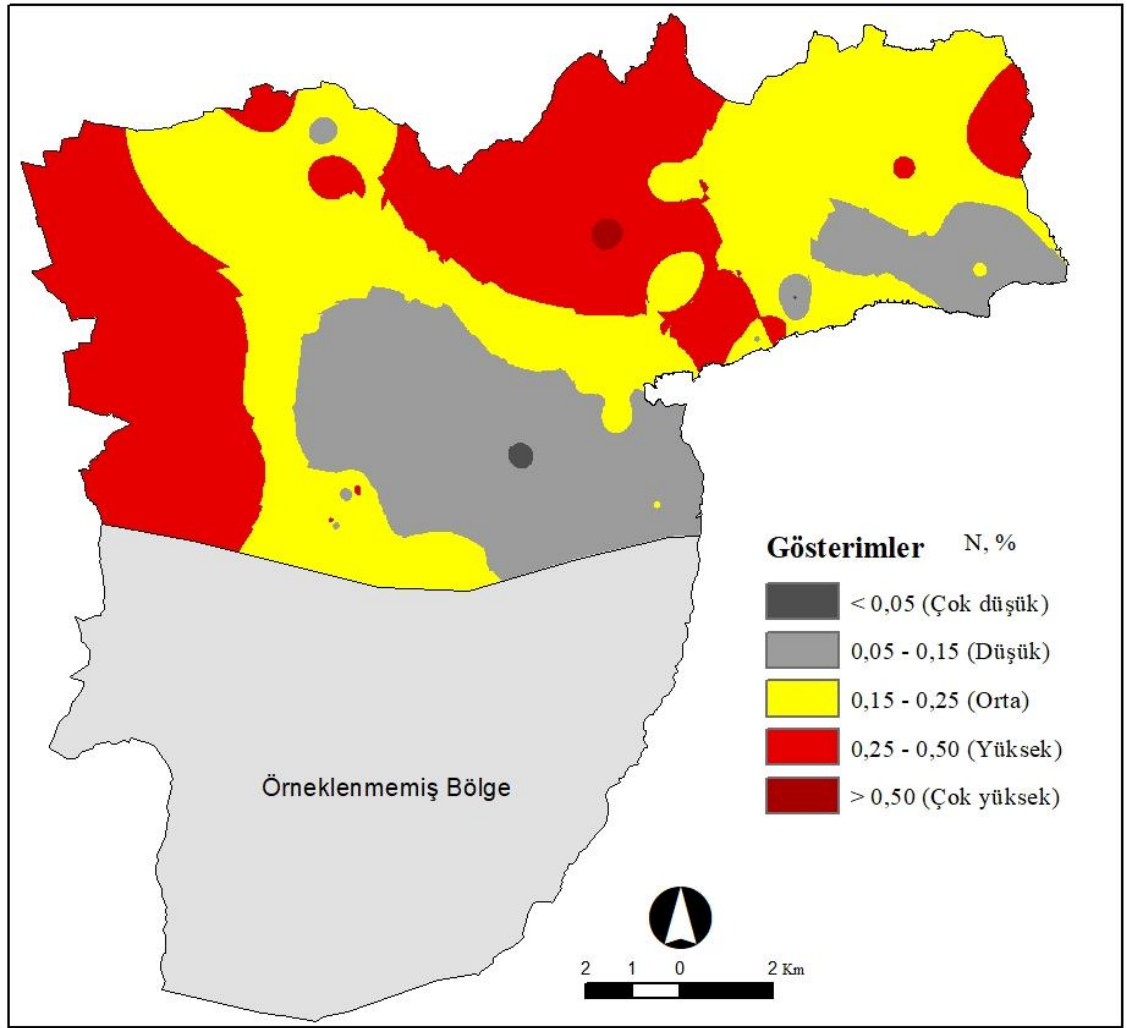
| Sınıf  | Org.M. (%) | Alan (%) | Alan (ha) |
|--------|------------|----------|-----------|
| Çok az | < 1        | 0,13     | 22,37     |
| Az     | 1-2        | 10,03    | 1729,84   |
| Orta   | 2-3        | 68,84    | 11877,86  |
| İyi    | 3-4        | 18,42    | 3177,48   |
| Yüksek | > 4        | 2,58     | 445,97    |
| Toplam |            | 100,00   | 17253,52  |

Toprakların organik madde dağılımı haritası ise Şekil 4.4’de verilmiştir. Buna göre organik madde içeriği çalışma alanı orta-doğu kısımlarda ve güneyde belli kesimde iyi ve yüksek, geri kalan kesimlerde ise ağırlıklı olarak orta düzeyde dağılım göstermektedir.



**Şekil 4.4.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının organik madde sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.8’de verilen bilgilere göre toprakların % 40’ı azot kapsamı bakımından orta seviyede, % 35,45’i yüksek seviyede ve %24,2’si düşük seviyede bulunmuştur. Toprakların toplam azot dağılımı haritası Şekil 4.5’de sunulmuştur. Toprakların toplam azot içeriği çalışma bölgesi orta-kuzey kesimlerinde ve batıda yüksek ve çok yüksek, güney-orta ve doğuda belli bir kesimde düşük ve çok düşük düzeyde dağılım göstermektedir.



**Şekil 4.5.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının toplam azot sınıfları dağılımı haritası.

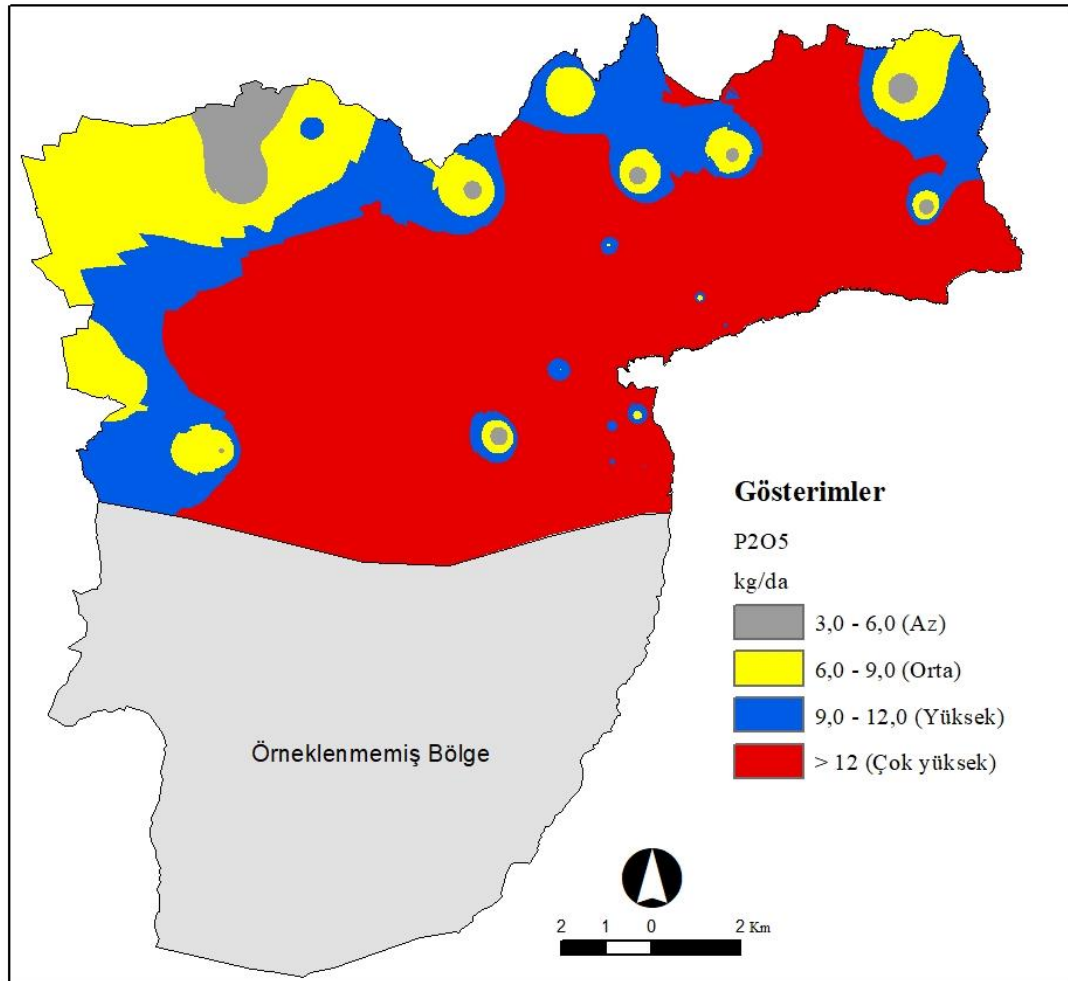
**Çizelge 4.8.** Çalışma alanı topraklarının toplam azot sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf      | N (%)       | Alan (%) | Alan (ha) |
|------------|-------------|----------|-----------|
| Çok düşük  | <0,05       | 0,14     | 23,69     |
| Düşük      | 0,051-0,150 | 24,20    | 4175,59   |
| Orta       | 0,151-0,250 | 40,00    | 6901,60   |
| Yüksek     | 0,251-0,500 | 35,45    | 6116,52   |
| Çok yüksek | >0,500      | 0,21     | 36,12     |
| Toplam     |             | 100,00   | 17253,52  |

Çizelge 4.9’da verilen bilgilere göre toprakların % 62,42’si çok yüksek, % 18,92’si yüksek ve % 15,95’i ise orta seviyede yarıyışlı fosfor içermektedir.

**Çizelge 4.9.** Çalışma alanı topraklarının yarıyışlı fosfor sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|------------|------------------------------------------------------|----------|-----------|
| Çok az     | <3,0                                                 | -        | -         |
| Az         | 3,0-6,0                                              | 2,70     | 465,94    |
| Orta       | 6,0-9,0                                              | 15,95    | 2752,77   |
| Yüksek     | 9,0-12,0                                             | 18,92    | 3265,00   |
| Çok yüksek | >12                                                  | 62,42    | 10769,81  |
|            | Toplam                                               | 100,00   | 17253,52  |



**Şekil 4.6.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyışlı fosfor sınıfları dağılımı haritası.

Toprakların yarayışlı fosfor dağılım haritası Şekil 4.6'da verilmiştir. Buna göre çalışma alanı kuzeybatı sınırından iç kesimlere gidildikçe yarayışlı fosfor miktarının arttığı görülürken toprakların büyük çoğunluğu çok yüksek seviyede yarayışlı fosfor içermektedir.

Çizelge 4.10'da verilen bilgilere göre incelenen topraklar yarayışlı potasyum içerikleri bakımından değerlendirildiğinde toprakların % 77,77'si fazla seviyede ve % 15,4'ü yeterli seviyede yarayışlı potasyum içermektedir. Toprakların yarayışlı potasyum dağılımı haritası Şekil 4.7'da verilmiştir. Haritaya göre toprakların büyük çoğunluğu fazla seviyede yarayışlı potasyum dağılımı göstermekte, çalışma alanının güneybatısı ve güney doğusunda ise yarayışlı potasyum seviyeleri azalmaktadır.

**Çizelge 4.10.** Çalışma alanı topraklarının yarayışlı potasyum sınıfları ve alansal bilgileri.

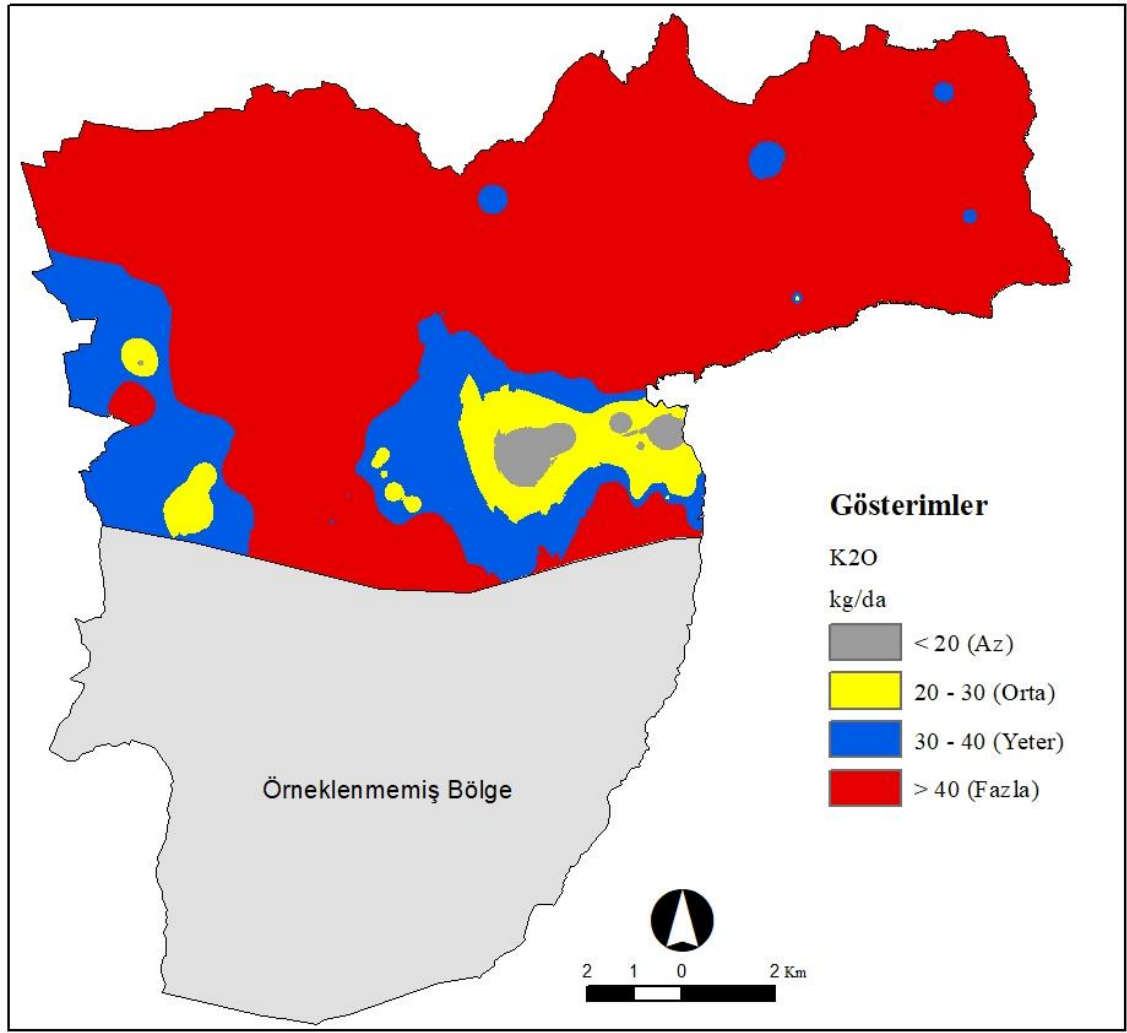
| Sınıf        | K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|--------------|-----------------------------------------|----------|-----------|
| <b>Az</b>    | < 20                                    | 1,38     | 237,83    |
| <b>Orta</b>  | 20 - 30                                 | 5,45     | 940,10    |
| <b>Yeter</b> | 30 - 40                                 | 15,40    | 2657,49   |
| <b>Fazla</b> | > 40                                    | 77,77    | 13418,10  |
|              | Toplam                                  | 100,00   | 17253,52  |

Çizelge 4.11'de verilen bilgilere göre toprakların % 100'ü yüksek seviyede yarayışlı demir içermektedir. Bölge topraklarının demir içeriği tek bir sınıfta (>4,5 kg da<sup>-1</sup> yüksek) yer aldığından çalışma alanı topraklarının demir içeriği dağılımı haritası hazırlanmamıştır.

**Çizelge 4.11.** Çalışma alanı topraklarının yarayışlı demir sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf         | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|---------------|---------------------------|----------|-----------|
| <b>Az</b>     | < 2,5                     | -        | -         |
| <b>Orta</b>   | 2,5 - 4,5                 | -        | -         |
| <b>Yüksek</b> | > 4,5                     | 100,00   | 17253,52  |
|               | Toplam                    | 100,00   | 17253,52  |





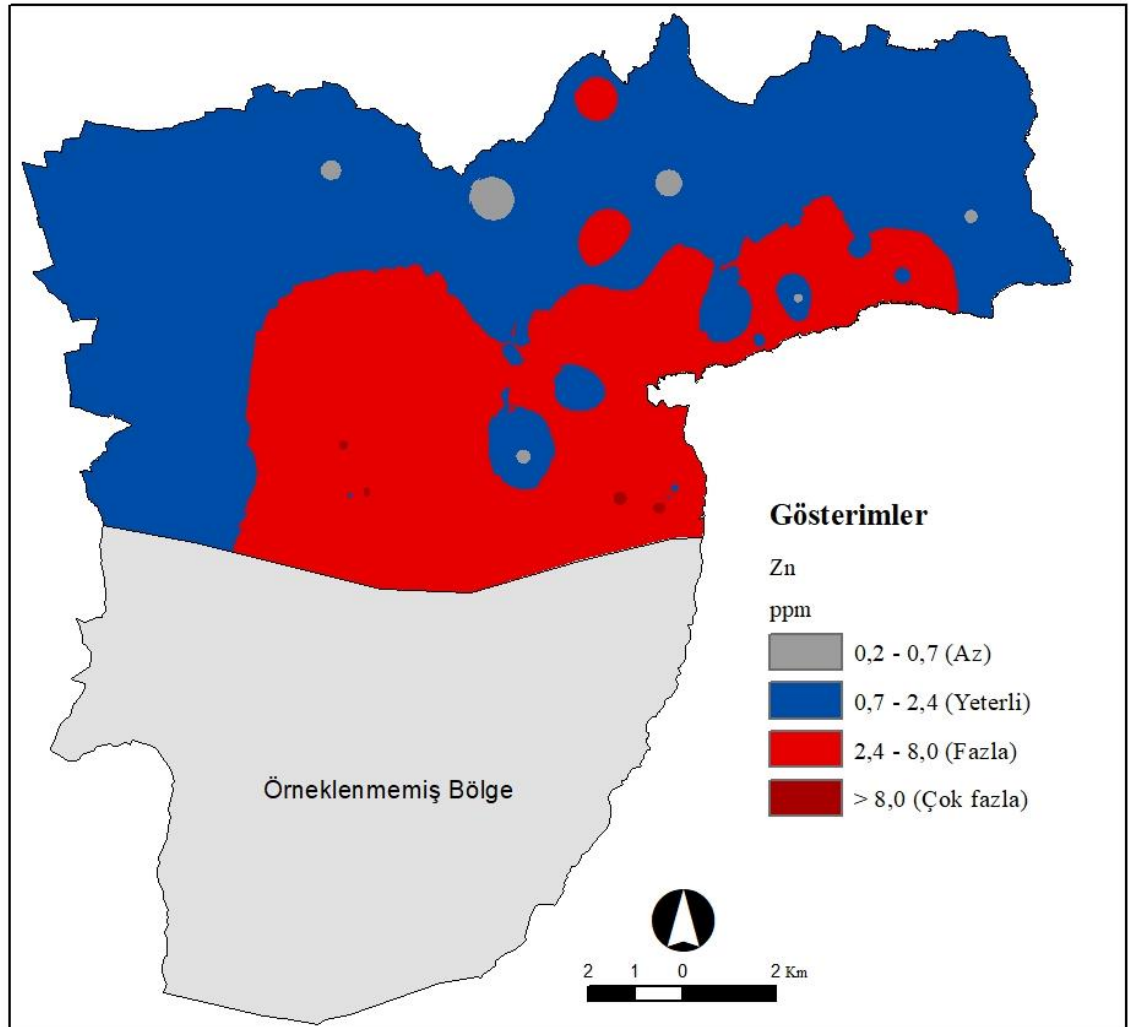
**Şekil 4.7.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının yararışlı potasyum sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.12’de yer alan topraklara göre % 61,67’si yeterli seviyede ve % 37,5’i fazla seviyede yararışlı çinko içermektedir. Toprakların yararışlı çinko dağılımı haritası Şekil 4.8’de verilmiştir. Haritaya göre toprakların kuzey ve batı kesimlerinde Zn içeriği yeterli seviyede olup çalışma alanının güney kesimlerinde ise yararışlı çinko dağılımı fazladır.

Çizelge 4.13’de yer alan bilgilere göre toprakların % 100’ü yeterli seviyede yararışlı bakır içermektedir. Bölge topraklarının bakır içeriği tek bir sınıfta ( $>0,2 \text{ mg kg}^{-1}$  yeterli) yer aldığından çalışma alanı bakır dağılım haritası hazırlanmamıştır. Ancak çalışma alanı topraklarında bakır değerleri yüksek çıkmaktadır.

**Çizelge 4.12.** Çalışma alanı topraklarının yarıyıllı çinko sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf     | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------|---------------------------|----------|-----------|
| Çok az    | < 0,2                     | -        | -         |
| Az        | 0,2 - 0,7                 | 0,73     | 125,89    |
| Yeterli   | 0,7 - 2,4                 | 61,67    | 10640,20  |
| Fazla     | 2,4 - 8,0                 | 37,50    | 6469,84   |
| Çok fazla | > 8,0                     | 0,10     | 17,59     |
| Toplam    |                           | 100,00   | 17253,52  |

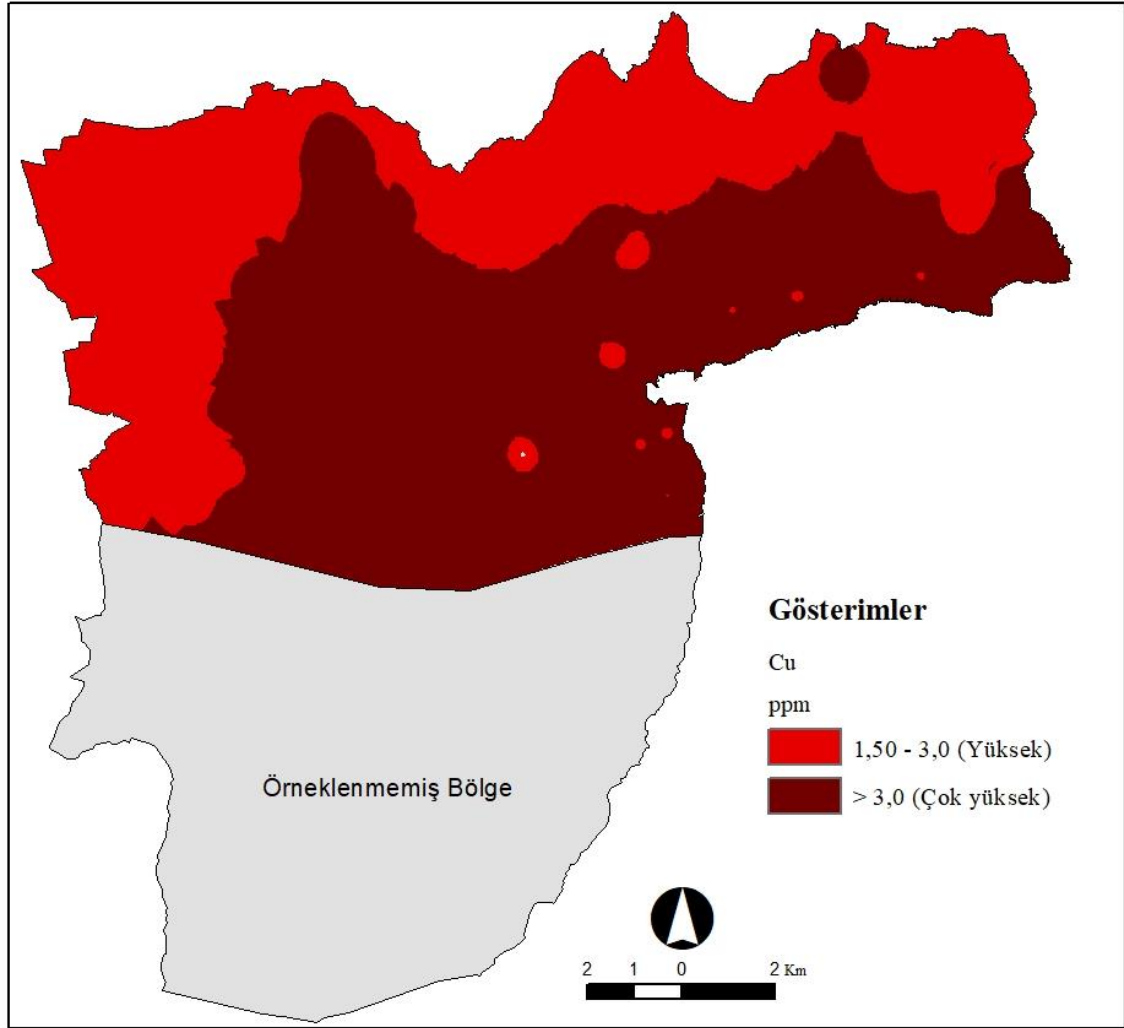


**Şekil 4.8.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarıyıllı çinko sınıfları dağılımı haritası.

Şekil 4.9’da verilen harita incelendiğinde bölge topraklarının bakır içeriği dağılımı daha net gözlemlenmektedir. Bu sınıflamaya göre çalışma alanı büyük kısmında (güney ve doğu) bakır 3,0 ppm’den daha fazla bulunmaktadır. Bölge topraklarındaki bakır fazlalığı büyük ölçüde bahçe tarımında kullanılan ilaçlardan toprağa karışıp birikmektedir.

**Çizelge 4.13.** Çalışma alanı topraklarının yarayışlı bakır sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf           | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------------|---------------------------|----------|-----------|
| <b>Yetersiz</b> | < 0,2                     | -        | -         |
| <b>Yeterli</b>  | > 0,2                     | 100,00   | 17253,52  |
|                 | Toplam                    | 100,00   | 17253,52  |

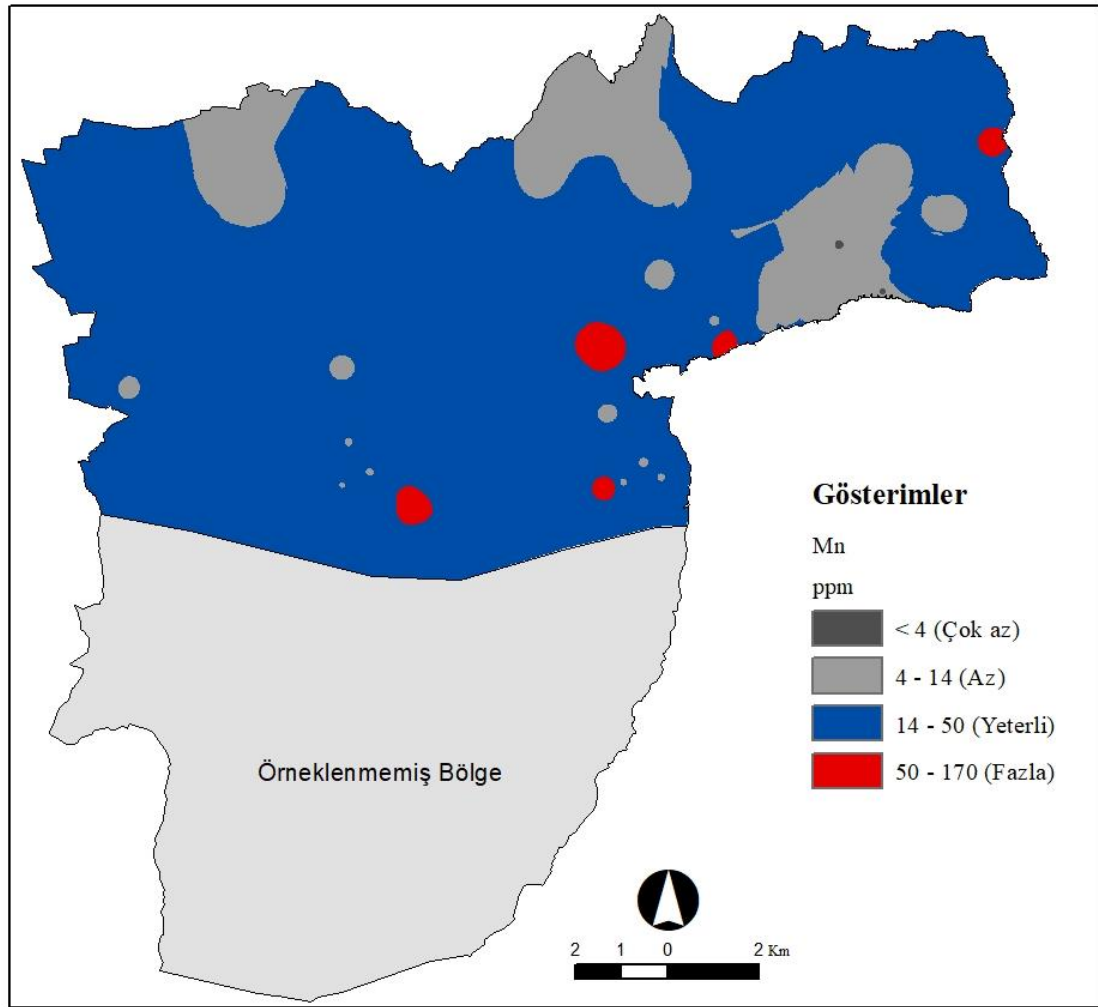


**Şekil 4.9.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarayışlı bakır sınıfları dağılımı haritası.

Çizelge 4.14’de yer alan bilgilere göre toprakların % 84,53’ü yeterli seviyede ve % 14,19’u az seviyede yararışlı mangan içermektedir.

**Çizelge 4.14.** Çalışma alanı topraklarının yararışlı mangan sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf     | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------|---------------------------|----------|-----------|
| Çok az    | < 4,0                     | 0,02     | 4,26      |
| Az        | 4,0 - 14,0                | 14,19    | 2447,48   |
| Yeterli   | 14,0 - 50,0               | 84,53    | 14583,81  |
| Fazla     | 50,0 - 170,0              | 1,26     | 217,97    |
| Çok fazla | > 170,0                   | -        | -         |
|           | Toplam                    | 100,00   | 17253,52  |



**Şekil 4.10.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının yararışlı mangan sınıfları dağılımı haritası.

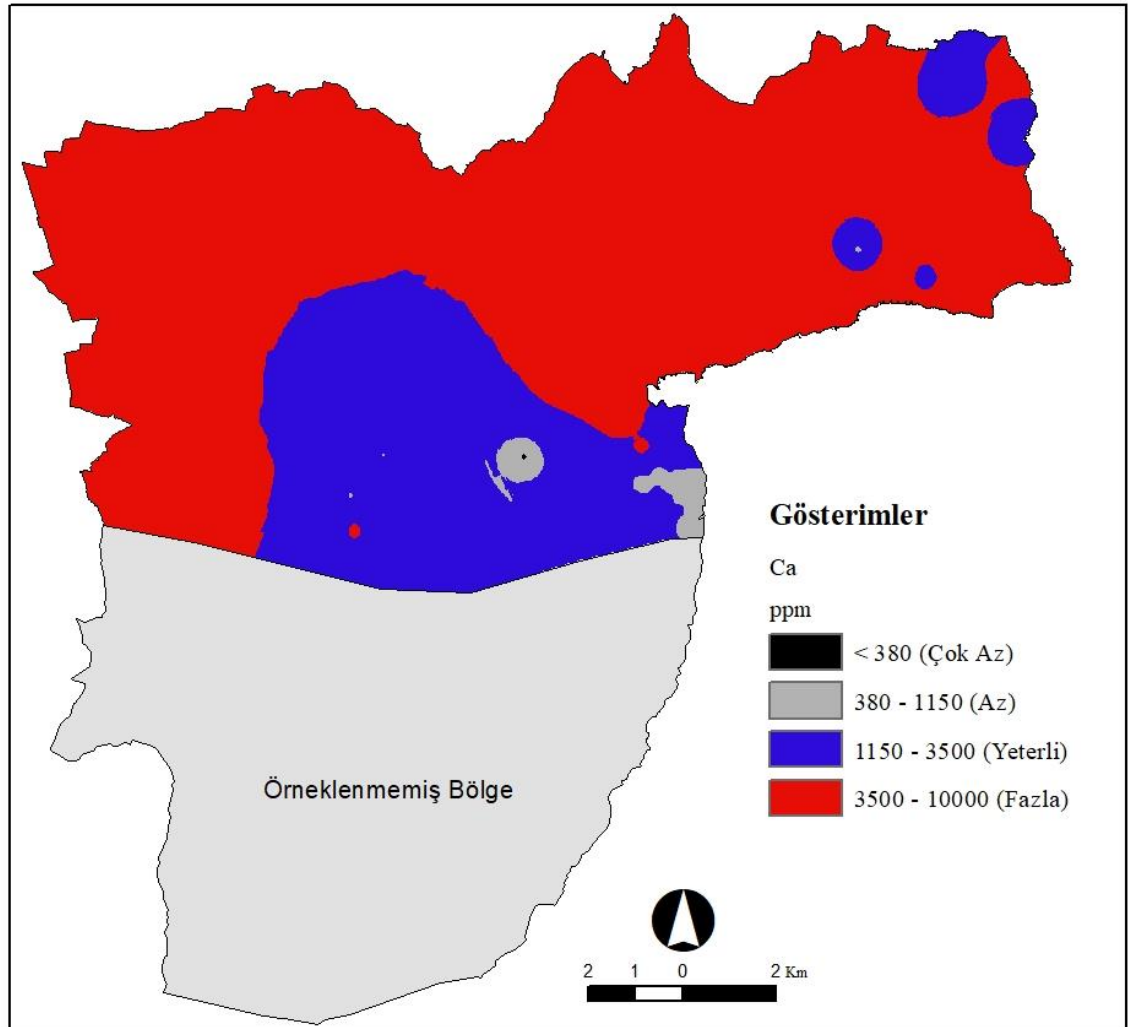
Şekil 4.10'da verilen toprakların yarayışlı mangan dağılımı haritasına göre toprakların genelinde yarayışlı mangan seviyesi yeterlidir. Çalışma alanının kuzey ve doğu kesimde az seviyede, güney ve doğuda küçük bir kesimde fazla seviyede yarayışlı mangan dağılımı gösteren topraklar bulunmaktadır.

Çizelge 4.15'de yer alan bilgilere göre toprakların % 71,89'u fazla seviyede ve % 26,88'i yeterli seviyede değişebilir kalsiyum içermektedir. Toprakların değişebilir kalsiyum dağılımı haritası Şekil 4.11'de verilmiştir. Haritaya göre bölgenin güneydoğu kesiminde belli bir alan hariç toprakların değişebilir kalsiyum seviyesi yeterli ve fazla bulunmuştur.

Çizelge 4.16'de yer alan bilgilere göre toprakların % 45,37'si yeterli seviyede, % 35,01'i fazla seviyede ve % 19,08'i ise az seviyede değişebilir magnezyum içermektedir. Toprakların değişebilir magnezyum dağılımı haritası Şekil 4.12'de verilmiştir. Haritaya göre bölgenin güneyinde toprakların değişebilir magnezyum seviyesi azdır. Diğer kesimlerde ise toprakların değişebilir magnezyum seviyesi genel olarak doğu-batı uzantısında yeterli ve fazla seviyede dağılım göstermiştir.

**Çizelge 4.15.** Çalışma alanı topraklarının değişebilir kalsiyum sınıfları ve alansal bilgileri.

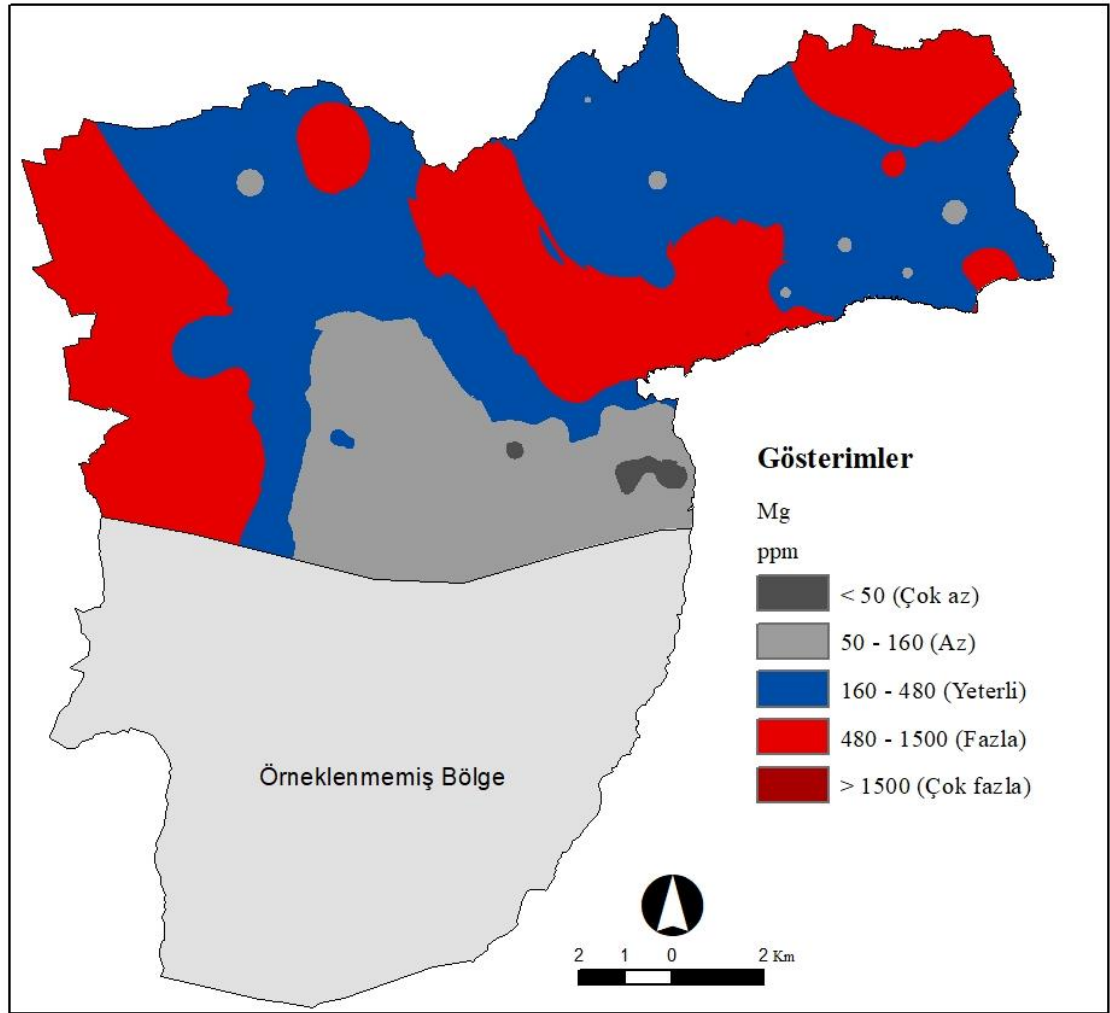
| Sınıf     | Ca (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------|---------------------------|----------|-----------|
| Çok az    | < 380                     | 0,01     | -         |
| Az        | 380 - 1150                | 1,22     | 210,98    |
| Yeterli   | 1150 - 3500               | 26,88    | 4638,51   |
| Fazla     | 3500 - 10000              | 71,89    | 12404,03  |
| Çok fazla | > 10000                   | -        | -         |
| Toplam    |                           | 100,00   | 17253,52  |



**Şekil 4.11.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının değişebilir kalsiyum sınıfları dağılımı haritası.

**Çizelge 4.16.** Çalışma alanı topraklarının değişebilir magnezyum sınıfları ve alansal bilgileri.

| Sınıf     | Mg (mg kg <sup>-1</sup> ) | Alan (%) | Alan (ha) |
|-----------|---------------------------|----------|-----------|
| Çok az    | < 50                      | 0,53     | 92,04     |
| Az        | 50 - 160                  | 19,08    | 3291,97   |
| Yeterli   | 160- 480                  | 45,37    | 7827,99   |
| Fazla     | 480 - 1500                | 35,01    | 6040,51   |
| Çok fazla | > 1500                    | 0,01     | 1,01      |
| Toplam    |                           | 100,00   | 17253,52  |



**Şekil 4.12.** Kartepe ilçesi tarım topraklarının değişebilir magnezyum sınıfları dağılımı haritası.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüzde yaşanan savaşlar, göçler, pandemi, küresel ısınmaya bağlı kuraklık ve iklim değişikliği ile hızlı nüfus artışının birçok bölgede kontrol altına alınamaması gibi sebepler tarımsal üretimin önemini günümüzde daha da arttırmıştır. Sanayileşme, şehirleşme ve toprakların amaç dışı kullanımı gibi sebepler sürdürülebilir tarımın geleceğini yakından tehdit etmektedir. Tarımsal üretimin sürdürülebilir olması en başta toprak ve su kaynaklarının korunmasıyla olabilir. Zira günümüzde yapılan hatalı gübreleme ve sulama uygulamaları düzeltildiği takdirde toprak bozulumu önlenecek, su tasarrufu sağlanacak ve birim alandan yüksek miktarda kaliteli ve sürdürülebilir ürün elde edilecektir. Bu sebeple tarımsal kalite, verimlilik ve kâr sağlanması amacıyla yapılan çalışmalarda çok noktalı parsel bazlı örnekleme, toprak özelliklerinin detaylı incelenmesi, her bir özelliğin konumsal dağılımının bilinmesi ve jeostatistiksel yönden değerlendirilerek iyi anlaşılmasıyla istenilen hedefe ulaşılabilir.

Bu çalışmada zamansal ve konumsal değişikliklerin izlenerek jeostatistiksel olarak değerlendirilmesi ile toprak özelliklerinin kısa mesafede değişebileceği görülmektedir. Bu değişimler tarımda geleneksel yöntemlerle yapılan hatalı gübreleme ve tek taraflı gübreleme gibi katyon dengesizliğine bağlı verileri göstermektedir. Ek olarak, kullanılan bazı tarım ilaçları tarafından topraklara Cu gibi elementler de dolaylı yönden eklenmektedir.

Ayrıca bu çalışma, toprakta mesafeye bağlı özelliklerdeki değişimin önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen toprak verilerinin bölgedeki tarımsal uygulamalar için üreticilere ve şehir/bölge planlama çalışmaları için karar vericilere önemli toprak verisi sağladığı düşünülmektedir.

Bu çalışma sonucu üretilen haritalar, bitki besleme, gübreleme ve bitki yetiştiriciliği ile ilgilenen araştırmacılar, bölgedeki üreticiler ve uygulamacılar için genel ve güncel bilgi sağlamasının yanında, Kartepe bölgesinde meyve, sebze ve yetiştirilecek diğer ürünler için toprak özellikleri ve bu özelliklerin değerlendirilmesi ile toprağa verilecek gübreler konusunda ön bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır.



Toprakların verimlilik durumu ve bitki gelişimi üzerine etki eden bünye özelliği en önemli fiziksel özelliklerden birisidir. Araştırma alanı tarım toprakları için üretilen bünye dağılımı haritasına göre çalışılan topraklar orta hafif ve ağır bünyeli topraklar arasında dağılım göstermiştir (Şekil 4.1). Bölgede güneyde belli bir kesim hariç geri kalan doğu-batı doğrultusunda ağır bünyeli topraklar yer almıştır. Tarımsal üretimde ağır bünyeli toprakların işlenmesi ve dolayısıyla tavın yakalanması sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle, yörede uygulanabilecek en iyi yöntem yeşil gübreleme ya da iyi vasıflı çiftlik gübrecisi gibi uygulamalarla toprakların organik madde seviyesinin iyileştirilmesi ve uygun alet ekipmanla derin sürüm yapılarak kaymak tabakasının kırılmasıdır.

Çalışma sonuçlarına göre bölge topraklarının % 67,78'sinin toprak reaksiyonu nötr olup bitkisel üretim ve bitki besleme bakımından sorun oluşturmamaktadır (Çizelge 4.4). Yaklaşık tüm besin elementlerinin yarıyışlılığı nötr toprak reaksiyonuna sahip topraklarda yeterli düzeydedir. Toprakların pH seviyesinin azalmasına veya artmasına sebep olabilecek tarımsal faaliyetlerden uzak durulmalıdır. Şekil 4.2'de verilen Kartepe ilçesi tarım topraklarının pH sınıfları dağılımı haritasına göre bölgede pH'nın düşük olduğu orta kesim ile kuzeydoğu kesimlerinde yer alan hafif asit ve orta asit toprak dağılımına sahip yerlerde yetiştirilecek ürün deseni göz önünde bulundurularak tarım kireci ve alkali karakterli gübreler uygulanabilir. Hafif alkalın topraklarda ise mikronize toz kükürt kullanılarak pH biraz düşürülebilir.

Bölge topraklarında bitkisel üretimi kısıtlayıcı herhangi bir tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmayıp tarım yapılan alanlarda bu istenilen bir durumdur (Çizelge 4.5). Çalışma alanı topraklarının kireç sınıfları ve alansal bilgilerinin sunulduğu Çizelge 4.6 ve kireç sınıfları dağılımı haritasının verildiği Şekil 4.3'e göre bölge topraklarının kireç kapsamı % 85,08 oranında az kireçli sınıfta olup bu bölgelerde kirecin yeterli seviyeye ulaşması için tarım kireci uygulanabilir. Toprakta kirecin belirli miktarda bulunması yetiştirilecek ürene bağlı olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri olumlu yönde iyileştirmektedir. Zira kirecin toprakta orta seviyeden az ya da çok olması da verimliliği etkilemektedir. Bünyelerinde belli oranda kireç ihtiva eden topraklarda bitkilerin iyi bir gelişme gösterdikleri yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir (Anonim 2008).

Ülkemiz topraklarının organik madde içeriklerinin % 65'inin organik madde kapsamının az ve çok az olduğu belirtilmiştir. Karadeniz Bölgesi bu oranın dışındadır (Eyüpoğlu 1999). Çalışma bölgesinde toprakların organik madde içeriği çoğunlukla orta ve üstündeki seviyelerde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4). Organik maddenin düşük olduğu bölgelerde tarım topraklarından daha kaliteli ve yüksek verim alınması için doğru çeşitlerin seçimi ve toprak işleme tekniklerinin yanı sıra organik madde içeriğini arttıracak azotlu gübreler ya da iyi vasıflı ahır gübresi, vermikompost ve yeşil gübreleme gibi organik gübrelerin uygulanmasına önem verilmelidir. Bölgede organik madde içeriklerine paralel olarak azot kapsamı da orta ve yüksek seviyededir (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.5). Bu da yoğun kimyasal gübre kullanımı ve toprak işlemeli tarıma bağlı olarak azotun orta ve yüksek seviyelerde olmasını açıklamaktadır.

Fosfor, tarımsal üretimde çok önemli makro besin elementlerinden biri olup toprak analizleri yapılarak eksiklik giderilmelidir. Yapılan bir çalışmada Türkiye topraklarının % 58'inde fosfor noksanlığı olduğu belirtilmiştir (Eyüpoğlu 1999). Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarayışlı fosfor sınıfları dağılımı haritasına göre çalışma alanı kuzeybatısında belli bir kesimde yarayışlı fosfor az miktarda olup kuzey ve batı kesimlerden iç bölgelere doğru fosfor miktarı değişkenlik göstererek artmaktadır (Şekil 4.6). Çalışma alanının % 62,42 gibi büyük kısmında fosfor yüksek düzeyde sınıflanmıştır (Çizelge 4.9). Sırasıyla yaklaşık % 19'u ve % 16'sı yüksek ve orta seviyede fosfor içermektedir. Bitkiler fiksasyona karşı fosfordan 5,5-7 pH aralığında daha iyi yararlanırlar. Fosfor alkali topraklarda Ca ile reaksiyona girerek, asit topraklarda ise Fe ve Al ile reaksiyona girerek yarayışsız hale geçer. Bölge toprakları büyük oranda killi yapıya sahiptir. Kil miktarı arttıkça toprakla temas eden fosfor miktarı artacak dolayısıyla fosfor fiksasyonu artarak yarayışlılık oranı azalacaktır. Fosfor tutulmasının yüksek olduğu topraklara yüzeye serpilerek gübreleme yapılması fosfor fiksasyonunu arttırır. Bu yüzden gübreleme yaparken fosforun parçacık büyüklüğüne ve toprağın alt derinliklerine gömülmesine özen gösterilmelidir. Bölge topraklarında organik madde seviyesinin iyi olması fosforun bitkiye yarayışlılığını arttıracaktır. Organik anyonlar ve humus fikse edilen fosfatlarla yer değiştirir ve P tutulmasını azaltarak yarayışlılığı arttırır. Böylece organik madde üretilen reaksiyonlar sonucu sürekli bir fosfor kaynağı oluşturur.

Çalışma alanında yayırlı potasyum içeriklerine göre toprakların dağılımı genellikle yeterli ve yüksek seviyededir (Şekil 4.7). Kilce zengin ağır bünyeli olan topraklar genelde potasyumca zengin topraklardır. Marmara Bölgesi sınırlarına ait topraklarda değişebilir potasyum içerikleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalara bakıldığında; Taşova ve Akın (2013)'ın çalışma sonuçlarına göre, toprakların % 2,4' "az", % 5,9'u "orta", % 10,6'sı "yeterli" ve % 81,1'i "fazla" düzeyde yayırlı potasyum içerdiği sonucuna varılmıştır. Ortaya koyulan veriler bu çalışma sonuçlarını destekler biçimdedir. Düşük pH koşullarında potasyum serbest hale geçip yıkanarak topraktan uzaklaşmakta ve K fiksasyonu olmamaktadır. Organik maddedeki humus gibi partiküller kil kristal tabakalarının arasına girerek kuruduklarında sıkışmalarını engeller ve K fiksasyonu azalma eğilimi gösterir. Böylece bitkiler potasyumdan yararlanabilir. Bu alışma sonuçları ile elde edilen Kartepe ilçesi tarım topraklarının yayırlı potasyum sınıfları dağılımı haritasına ve toprakların yayırlı potasyum sınıfları alansal bilgilerine göre bölge topraklarında yayırlı potasyum probleminin bulunmadığını göstermektedir (izelge 4.10 ve Şekil 4.7).

Kartepe ilçesi topraklarının değişebilir kalsiyum oranlarının % 98,77'si ve magnezyum oranlarının % 80,38'i yeterli ve fazla düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (izelge 4.15 ve izelge 4.16). Bitki besin maddelerinin dengeli olması açısından  $Ca/Mg=6$ ,  $Ca/K=12$ ,  $Mg/K=2$  olması beklenmektedir. Bölgede alışma alanı topraklarına bakıldığında  $Ca/Mg$  oranlarının % 10,6'sı,  $Ca/K$  oranlarının % 16'sı ve  $Mg/K$  oranlarının % 16'sı bu oranlara uyduğu görülmektedir. Bu sonuçlar göstermektedir ki toprak analiz sonuçları dikkate alınmadan dengesiz ve tek yönlü gübreleme ile besin elementleri arasındaki denge bozulacak ve bitkisel üretimden istenen verim alınamayacaktır.

Bölge tarım topraklarının tamamı demir açısından zengin olup yayırlı Fe yönünden bir sorun olmadığını söylemek mümkündür (izelge 4.11). Ayrıca bölge toprakları P ve Ca bakımından da yüksek seviyededir. Toprakta ortamda bulunan yüksek pH ile yüksek P ve Ca konsantrasyonları bitkilerce topraktan Fe alımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bitki bünyesinde ve toprak çözeltisi içerisinde fazla miktarda bulunan Ca, bitki tarafından alınan Fe'in fizyolojik yönden aktif olma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Burström 1968). Kartepe ilçesi tarım topraklarının yayırlı fosfor sınıfları dağılımı

haritası (Şekil 4.6) ve değişebilir kalsiyum sınıfları haritasına (Şekil 4.11) göre bölge tarım topraklarında fosfor ve kalsiyumun yüksek olduğu yerler dikkate alınarak analiz sonuçlarına göre demir ya da demir içerikli gübreleme yapılabilir.

Şekil 4.8’de verilen Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarayışlı çinko sınıfları dağılımı haritasına göre incelenen topraklar çinko kapsamı yönünden büyük oranda yeterli ve yüksek seviyede bulunmaktadır. İklim açısından kurak ve yarı-kurak bölgelerde çinko noksanlığı yaygın olarak ortaya çıkmaktadır. Toprak nemi azaldıkça ve toprak kurudukça çinko yarayışlılığı da azalmaktadır. Bölgede yağışlar Türkiye ortalamasının üzerinde olup tarımsal sulamaya ihtiyaç duyulmayacak ölçüde toprak nemi iyi seviyededir. Bu durumda bölge tarım topraklarında bitkilerce çinko yarayışlılığı ile ilgili problem olmadığı söylenebilir (Çizelge 4.12). Kil içerikleri yüksek olan topraklarda çinko kil parçacıkları tarafından tutulmaktadır. Özellikle organik madde ve kil içeriği yüksek olan toprakların Zn adsorpsiyon kapasiteleri yüksek olmakta ve bu tür toprakların yüzeyinde çinko fazlalığı gözlenmektedir (Hodgson ve ark. 1966, Stevenson ve Ardağani 1972). Bu bilgiler neticesinde bölge topraklarının kil ve organik madde içeriğinin yüksek olması bulunan sonucu desteklemektedir.

Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarayışlı bakır sınıfları dağılım haritasına göre topraklar bakır kapsamı yönünden yeterli seviyededir (Çizelge 4.13 ve Şekil 4.9). Toprakta kil içeriği arttıkça bakır tutulması da artmaktadır. Toprak çözeltisindeki bakır mobilitesi, pH’nın yükselmesine bağlı olarak azalmaktadır. Kireçlemeye bağlı olarak genelde artan toprak pH’sı ile bitkiye yarayışlı bakır düzeyi azalmaktadır. Bölge toprakları yüksek oranda az kireçli olduğundan bölge tarım topraklarında bitkilerce bakır yarayışlılığı ile ilgili problem olmadığı söylenebilir. Bakır, organik maddeye diğer mikro besin elementlerine (Zn, Mn vb.) göre nispeten daha fazla bağlandığı için yarayışlı Cu miktarı azalabilmektedir. Organik topraklarda bu sebeple bakır noksanlığına daha sık rastlanmaktadır. Bölgede organik maddenin yüksek olduğu yerlerde bakırlı gübre takviyesi yapılabilir. N-P-K içeren gübrelerin yüksek miktarlarda kullanımı da bitkilerde bakır yarayışlılığının azalmasına yol açacağından analiz sonuçlarını dikkate alarak dengeli gübreleme yapılması gerekmektedir. Ek olarak, Şekil 4.9’da verilen harita incelendiğinde bölge topraklarının bakır içeriğinin yüksek değerlere sahip olduğu

anlaşılmaktadır. Topraklardaki bakır içeriğinin 3,0 ppm'den daha fazla bulunmasından dolayı özellikle bölgede yaygın olarak yapılan bahçe tarımında kullanılan ve Cu içeren tarım ilaçlarının kullanımına dikkat edilmeli, belki bazı bölgeler için bir müddet kısıtlanması gerekmektedir. Ağaç altlarına Cu alımı yüksek olan yem bitkileri veya uygun diğer kültür bitkileri ekimi de teşvik edilebilir.

Çalışma alanı topraklarının mangan içeriği genelde yeterli seviyede olup bazı bölgelerde az seviyededir (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.10). Toprak asitliğindeki düşüşe bağlı olarak mangan elverişliliği artmaktadır. Toprak pH'sının yanı sıra toprak-su oranı ile birlikte artan organik madde miktarına bağlı olarak da yarayışlı mangan miktarında artış görülmektedir. Ancak organik madde miktarı çok yüksek olduğu zaman ortaya çıkan mangan organik madde ile çözünmeyip bitkilerin yararlanamadığı kompleksler oluşturabilir. Çalışma bölgesinin tamamında demir seviyesi yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.11). Besin elementi dengesi açısından topraklarda 'demir-mangan' oranına dikkat edilmelidir. Demir miktarı mangandan yüksek olduğu durumlarda bitkilerde Mn noksanlığı ortaya çıkabilmektedir. Bu değerlendirmelere göre Şekil 4.10'da sunulan Kartepe ilçesi tarım topraklarının yarayışlı mangan sınıfları dağılımı haritasında mangan eksikliğinin görüldüğü bölgelere, toprak analiz sonuçları gözetilerek, mangan içerikli gübreler verilebilir.

Kartepe ilçesi çalışma bölgesi tarım alanlarında arazi kullanım planlaması, doğru çeşit seçimi, gübreleme ve sulama şekline yeterince önem verilerek toprak analiz sonuçlarına dayalı fiziksel ve kimyasal özellikler mutlaka değerlendirilmelidir. Böylece bölgedeki üreticiler toprak analiz sonuçlarına dayalı tarımsal üretim sayesinde daha verimli ve kaliteli ürünler yetiştirebilecektir. Unutulmamalıdır ki bilinçsizce yapılan aşırı gübreleme, sulama ve hatalı ilaçlama gibi çeşitli tarımsal uygulamalar doğaya, toprağa, suya ve en önemlisi canlılara büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu doğrultuda kaynakların sınırsız olmadığını unutmadan dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir tarımın geleceği için karar vericiler, çeşitli kamu ve sivil toplum kuruluşları ve üreticiler bir araya gelerek gerekli önlemleri almalıdır. Bu çalışma, Kartepe ilçesi için söz konusu kararların alınmasında önemli bir toprak veri kaynağı oluşturmaktadır. Bu çalışma ile üretilmiş olan

veri tabanı yeni örneklerin sonuçları sisteme eklenerek devamlı olarak güncellenmeli, alandaki zayıflıklar ve güçlü yanlar gözlemlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, E. ve Özsoy, G. 2004. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi Yerleşkesi arazilerinde arazi kullanım haritalaması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 57-68
- Anonim, 1991. Kocaeli ili arazi varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, İl rapor no: 41, Ankara. 66s + 1:100.000 ölçekli toprak haritası.
- Anonim, 2008. Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 150 s./192s.
- Anonim, 2017. Soil survey manual. Ditzler, C, Scheffe, K, Monger, H.C. (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C, USA, 639pp.
- Anonim, 2023. Kocaeli ili tarihçesi. [www.kocaeli.bel.tr/tr/main/pages/kartepe/227](http://www.kocaeli.bel.tr/tr/main/pages/kartepe/227) (Erişim tarihi: 14.03.2023)
- Anonim, 2023. Kocaeli ili meteoroloji verileri. T.C. Çevre ve Ormancılık Bakanlığı, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx=KOCAELI> (Erişim tarihi: 14.03.2023)
- Aşkın, T., Türkmen, F. ve Tarakçıoğlu, C. 2016. Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeoistatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4(2): 69-75.
- Atalay, İ. 2012. Genel Fiziki Coğrafya. Meta Basım Matbaa, İzmir.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recabliration of the hidrometer for marking mechanical analysis of soil, Agronomy Journal, 43:434-437.
- Bremmer, J.M. 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part 2. ed. C.A. Black, American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp 1149-1178.
- Bruce, R.C. ve Rayment, G.E. 1982. Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for soil and land use surveys. Queens land Department of Primary Industries.
- Burrough, P.A. ve McDonnel, R.A. 1998. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press, Oxford, 333pp.
- Burström, H.G. 1968. Calcium and plant growth. Biol. Rew. 43:278-316.

Chang, K.T. 2004. Introduction to Geographic Information Systems. Second edition. McGraw and Hill, NEW York, USA.

Çağlar, K. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 985, Ankara.

Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Teknik Yayın No: T-67, Genel Yayın No: 220 Ankara.

FAO, 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin 63, Rome, Italy.

Follet, R.H. 1969. Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. PhD. Dissertation, Colorado State University.

Ganorkar, R.P. ve Chinchmalatpure, P.G. 2013. Physicochemical assessment of soil in Rajura Bazar in Amravati district of Maharastra (India). International Journal of Chemical, Environmental and Pharmaceutical Research, 4(2-3): 46-49.

Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford Univ. Press, New York, USA, 483pp.

Hatipoğlu, E. 2019. Bazı toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Yüksek Lisans Tezi. 73s.

Heuvelink, G.B.M. 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences.

Hodgson, J.F., Lindsay, W.L. ve Trierweiler, J.F. 1966. Micronutrient cation complexing in soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30:723-726.

Jones, J.B. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis, CRC Pres, Washington, D.C. 384 p.

Kerry, R. ve Oliver, M.A. 2004. Average variograms to guide soil sampling. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5:307–325.

Lindsay, W.L. ve Norwell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test For Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Amer. Jour. 42(3):421-428.

McBratney, A.B. ve Pringle, M.J. 1997. Spatial variability of soil: implications for precision agriculture. Proceedings of the Precision Agriculture'97, vol:1:3-3, Oxford, UK.



McKensie, N.J., Gessler, P.E., Ryan, P.J. ve O'Connell, D. 2000. The role of terrain analysis in soil mapping, pp.245-265. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (eds.), Terrain analysis: principals and applications. Wiley, New York, USA.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement, pp.199-224. In: Page, A.L. Miller, R.H. Keeney, D.R. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9. SSSA, Madison, WI, USA.

Meriç, E. 1995. İstanbul Boğazı öncesinde Marmara Denizi-Karadeniz bağlantısının, İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Sakarya Vadisi boyunca gerçekleşen ön bulguları, İzmit Körfezi'nin kuvaterner istifi, Editör E. MERİÇ, S. 295-301, Kocaeli.

Mulla, D.J. ve Mc. Bratney, A.B. 2000. Soil Spatial Variability. Handbook of Soil Science CRS Pres. pp. 321-352.

Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum, pp:181-196. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9. SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp. Nelson, D.W., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, pp:539-579. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9. SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp.

Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S. ve Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction With Sodium Bicarbonate, U.S.D.A

Özsoy, D. 2019. Nilüfer Çayı ile sulanan alanların bazı önemli toprak özellikleri ve ağır metal içeriklerinin konumsal analizi ile güncel arazi kullanım türlerinin belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Yüksek Lisans Tezi. 84s.

Ozsoy, G. ve Alibas, I. 2015. GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa, Turkey. Int J Agric & Biol Eng, 2015; 8(1): 74—83. DOI 10.3965/j.ijabe.20150801.010

Ozsoy, G. ve Aksoy, E. 2015a. Prediction of soil loss differences and sediment accumulation at the Nilufer creek watershed, Turkey, using multiyear satellite data in a GIS, Geocarto International, 30(8):843-857. DOI: 10.1080/10106049.2014.997307

Ozsoy, G. ve Aksoy, E. 2015b. Estimation of soil erosion risk within an important agricultural sub-watershed in Bursa, Turkey, in relation to rapid urbanization. Environmental Monitoring and Assessment, 187:419 <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4653-9>

Ozsoy, G., Aksoy, E., Dirim, M.S. ve Tumsavas, Z. 2012. Determination of Soil Erosion Risk in the Mustafakemalpasa River Basin, Turkey, Using the Revised Universal Soil Loss Equation, Geographic Information System, and Remote Sensing. Environmental Management, 50(4): 679-694. DOI: 10.1007/s00267-012-9904-8

Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H. ve Ünal, E. 2015. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı makro ve mikro bitki besin maddesi konsantrasyonları ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması.

Rhoades, J.D. 1982. Soluble Salts, pp.167-178. In: Page, A.L, Miller, R.H. Keeney, D.R. (eds.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy Series no.9. SSSA, Madison, WI, USA, 1143pp.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. U.S. Dep. Agr. Handbook 60.

Rogowski, A. ve Wolf, J. 1994. Incorporating variability into soil map unit delineations. Soil science society of America Journal, 58(1): 163-174

Shepard, D. 1968. "A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data", New York: Proceedings of the 1968 ACM National Conference, 517-524.

Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Taşova, H. ve Akın, A. 2013. Marmara Bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamalarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, 2(2), 83-95.

Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G., ve Taban, S. 2010. Bursa ili alüvyial tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 115-130.

TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri (Aralık, 2022). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Yıldız, Y. 2011. Kazova Topraklarının Mikro Element İçeriklerinin Mesafeye Bağlı Değişiminin Analizi ve Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı Tokat.

Webster, R. ve Oliver, M.A. 1990. Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press, Oxford, UK, 328 pp.

Webster, R. ve Oliver, M. 2001. Geostatistics for environmental scientists, John Wiley & Sons, England, 271pp.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burak TOLU  
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya, 10/12/1987  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : İzmit Süper Lisesi  
Lisans : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi  
Yüksek Lisans : -

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Gübretaş, 2020

İletişim (e-posta) : buraktolu34@gmail.com

Yayınları :Tolu, B. ve Öksüz, O. (2022). Marmara Bölgesi'nde toprak analiz sonuçlarına göre Maviyemiş yetiştiriciliği potansiyelinin araştırılması: *Proceedings of 9th International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development* içinde (480-491. ss.). Burdur-ISPEC.