



## JEOİSTATİSTİK VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEM (CBS) TEKNİKLERİ KULLANILARAK ERZİN OVASI (HATAY) TOPRAKLARININ BAZI BESİN ELEMENT İÇERİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİMLERİNİN HARİTALANMASI

Necat AĞCA<sup>1\*</sup>, Mehmet Selçuk COŞAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Erzin ovası,  
Besin elementleri,  
Kriging,  
Jeoistatistik,  
Coğrafi Bilgi Sistemleri  
(CBS).*

### Öz

Bu çalışmada, Erzin ovasındaki bazı toprakların besin element içeriklerinin belirlenmesi, bunların çalışma alanındaki mekânsal değişim desenlerinin ortaya konulması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve jeoistatistiksel yöntemlerle haritalanması amaçlanmıştır. Çalışma alanında 0-30 cm derinlikten toplam 47 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), alınabilir fosfor (P), yayılsız demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn), analizleri yapılmıştır. Toprakların ortalama Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri ise sırasıyla; 31.77, 122.88, 3579.17, 812.88, 14.67, 2.81, 1.03, 2.24 ve 1.22 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır. Element içeriklerinin varyasyon katsayıları (VK) % 12.34 (Na) ile % 129.783 (K) arasında değişmiştir. Parametrelerin tamamının değerleri normal dağılım göstermemiştir. Bu nedenle; P ve Mn içeriklerine ise karekök, diğerlerine ise logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Besin elementlerinden Na ve K için (Küresel) Spherical; P, Fe, Cu ve Mn için Üstel (Exponential); Ca, Mg ve Zn içerikleri için ise Gaussian modeli en uygun yarıvarioqram modeli olarak belirlenmiştir. Na, K, Ca, Mg, P, Mn ve Zn içerikleri kuvvetli; Fe ve Cu içerikleri ise orta düzeyde yersel otokorelasyon göstermiştir. Parametrelerin yersel otokorelasyon aralığı (Ao) değerleri ise 603 m (Mg) ile 7110 m (Fe ve Cu) arasında değişmiştir.

## MAPPING THE SPATIAL CHANGES OF SOME NUTRIENTS CONTENTS OF THE ERZIN PLAIN (HATAY) SOILS USING GEOSTATISTIC AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) TECHNIQUES

### Keywords

*Erzin plain,  
Nutrients,  
Kriging,  
Geostatistics,  
Geographic  
Information System (GIS).*

### Abstract

This study aimed to determine the nutrient content of some Erzin plain soils, reveal the spatial variation patterns in the study area, and map them using Geographic Information Systems (GIS) and geostatistical methods. Forty-seven soil samples were taken from 0-30 cm depth in the study area. In soil samples, available sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), available phosphorus (P), available iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) were analyzed. The average Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn, and Zn contents of the soils are, 31.77, 122.88, 3579.17, 812.88, 14.67, 2.81, 1.03, 2.24, and 1.22 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The coefficients of variation (VK) of the element contents varied between 12.34 (Na) and 129.783 % (K). The values of all parameters did not show a normal distribution. Because Square root was applied to P and Mn contents, and logarithmic transformation was applied to the others. Spherical for Na and K; Exponential for P, Fe, Cu, and Mn; Gaussian model for Ca, Mg, and Zn contents were determined as the most suitable semivariogram model. Na, K, Ca, Mg, P, Mn, and Zn contents are strong; Fe and Cu contents showed moderate spatial autocorrelation. The Ao values of the parameters varied between 603 m (Mg) and 7110 m (Fe and Cu).

\* İlgili yazar / Corresponding author: necagca@gmail.com, +90-5336514672

**Alıntı / Cite**

Ağca, N., Coşar, M.S., (2023). Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) Teknikleri Kullanılarak Erzin Ovası (Hatay) Topraklarının Bazı Besin Element İçeriklerinin Yersel Değişimlerinin Haritalanması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(4), 1439-1451.

**Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)**

N. Ağca, 0000-0003-4864-844X  
M. S. Coşar, 0000-0002-3726-0346

**Makale Süreci / Article Process**

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	25.05.2023
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	29.09.2023
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	02.10.2023
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	30.12.2023

## MAPPING THE SPATIAL CHANGES OF SOME NUTRIENTS CONTENTS OF THE ERZIN PLAIN (HATAY) SOILS USING GEOSTATISTIC AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) TECHNIQUES

Necat AĞCA<sup>1†</sup>, Mehmet Selçuk COŞAR<sup>2</sup>

1 Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrituon, Hatay, Türkiye

2 Mustafa Kemal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Soil Science and Plant Nutrituon, Hatay, Türkiye

**Highlights**

- The Ca and Mg contents in all soils were at sufficient or excessive levels.
- The Fe content of all soils was at insufficient (low and medium) levels.
- The most homogeneous distribution was determined in Na, and the least homogeneity was determined in K among the elements.

**Purpose and Scope**

In this study, it was aimed to determine some nutrient element contents of Erzin plain soils and to create their spatial distribution maps in the study area.

**Design/methodology/approach**

The study area, located within the borders of Erzin district of Hatay province covers an area of approximately 2200 hectares. In this research, a total of 47 degraded soil samples were taken from a depth of 0-30 cm according to the random sampling method to represent the study area. In addition, the geographical coordinates of each sampling point were determined according to the Universal Transverse Mercator UTM system with the GPS device. In the soil samples; available sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), available iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn), zinc (Zn), and available phosphorus (P) were analyzed. All analyzes were carried out in Mustafa Kemal University Research and Application Center (MARGEM) laboratories. Descriptive statistical analyzes (mean, lowest and highest values, standard deviation, etc.) of all parameters of the soils samples were performed. Geostatistical methods were used in modeling the spatial distribution of parameters related to nutrients. GS+ (version 10) Geostatistics package program was used to model the semivariograms. Geographic Information Systems (GIS) were used to create spatial distribution maps of nutrient element contents.

**Findings**

The mean Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Mn and Zn contents of the soils were determined as 31.77, 122.88, 3579.17, 812.88, 14.67, 2.81, 1.03, 2.24 and 1.22 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. Coefficients of variation (VK) of element contents varied between 12.34% (Na) and 129.783% (K). Spherical for Na and K; Exponential for P, Fe, Cu, and Mn; Gaussian model for Ca, Mg, and Zn contents were determined as the most suitable semivariogram model. Na, K, Ca, Mg, P, Mn, and Zn contents are strong; Fe and Cu contents showed moderate spatial autocorrelation. When the distribution of Na contents of the soils in the study area is examined; It was observed that the lowest values were in the southeastern part of the area and the highest values were in the northwestern part. The amount of K is sufficient in the northwestern and northeastern parts while it was very little in the southeastern part. Calcium content is high in the northwestern part of the study area, and its amount is sufficient in the southern and eastern parts. The amount of Mg is high in almost the entire region, but sufficient in the southeast, northeast and west parts. The P content of the soil is sufficient in the western, northern and southeastern parts of the area, is low in a very small part of the western and northwestern region, and is high in the central and eastern parts. The

<sup>†</sup> İlgili yazar / Corresponding author: necagca@gmail.com, +90-5336514672

amount of Fe is insufficient in a large part of the study area and moderate in a small part in the southeastern part. It was determined that the Cu content in the region was high in the northern parts and a small area in the middle parts of the southern parts, and very high in the southernmost parts. The Mn content of the soils is moderate in the western, central and southeastern parts, and sufficient in a small part in the southernmost part. The amount of Zn is low in the western and northern parts of the study area, moderate in the central parts, and sufficient in the southern and southeastern parts.

### Originality

Such a detailed research has not been conducted in the study area before. Additionally, since the samples were taken with their coordinates, the data obtained from this study will make a great contribution to the national soil database.

## 1. Giriş (Introduction)

Dünya nüfusu her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Artan bu nüfusun gıda gereksinimlerini karşılamak için tarımsal üretimi de artan nüfusa orantılı olarak artırmak gerekir (Benice ve Ağca, 2022). Tarımsal üretim içerisinde bitkisel üretim önemli bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla insanların gıda taleplerini karşılamak için bitkisel üretimi de artırmak gerekmektedir. Bunun için de ya birim alandan verimi artırmak ya da tarım kültürü altına alınacak alanları genişletmek gerekmektedir. Ülkemizde tarım arazileri artmak yerine sürekli azalmaktadır (Tüik, 2023). Artan bu nüfusun besin gereksinimlerinin karşılanması ancak toprakların bilinçli bir şekilde kullanılması ile mümkündür. Bu nedenle toprakların besin element içeriklerinin ve bunların yersel değişiminin belirlenmesi, toprakların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi açısından son derece önemlidir.

Toprakların özelliklerinin bilinmesi, tarımsal üretimin devamlılığı ve gıda güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Topraklarda sürdürülebilir üretim; iyi bir toprak yönetimine ve toprakların kalitesini belirleyen özelliklerinin düzenli olarak izlenmesine bağlıdır. Bunun için de belirli zamanlarda toprak örneklerinin alınması ve bunların analiz edilmesi gerekir. Ancak, geniş alanlarda toprakların kalite değişiminin belirlenmesi için çok sayıda toprak örneğinin analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum büyük bir emek, para ve zaman gerektirmektedir. Bu nedenle örneklenmeyen noktalarda toprak özelliklerinin doğru tahminini mümkün kılacak ara değer tahmin (enterpolasyon) yöntemlerinin belirlenmesi zorunlu olmaktadır. Bu sayede, daha az noktada yapılacak örnekleme ile geniş alanlarda doğru bilgi üretmek ve buna bağlı olarak doğru planlama yaparak uygun toprak yönetim sistemlerini belirlemek mümkün olacaktır (Özdemir vd. 2019). Tüm bu işlemlerin yapılması jeostatistik ile mümkün olabilmektedir.

Jeostatistik, ölçülen herhangi bir özelliğin mekânsal yapısını ve mekânsal bağımlılığını inceleyen ve sayısallaştıran ve buradan elde edilen ilişkiyi kullanarak anılan özelliğin örneklenmemiş noktalardaki değerlerini tahmin eden uygulamalı istatistiğin bir kolu olarak tanımlanmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Jeostatistiksel yöntemler iki aşamada uygulanmaktadır. Birinci aşamada, incelenecek olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasındaki otokorelasyon, yani doğal olarak bulunan mekânsal bağımlılığın derecesi belirlenmektedir. Diğer aşamada ise ileri bir enterpolasyon tekniği kullanılarak, incelenen özelliğin örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım deseni belirlenmeye çalışılmaktadır. Yarıvariogramlar yersel bağımlılık derecesinin belirlenmesinde, kriging analizi ise enterpolasyon aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlardır (Öztaş, 1995).

Toprak özelliklerinin yersel değişkenliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin haritalanması; toprak ve ürün yönetimi için bir ön koşul olarak görülmektedir. Ayrıca, bu durum arazideki bozulma noktalarının belirlenmesinde de yararlıdır. Topraklardaki besin elementlerinin haritalanması, hassas tarımda ilk ve en önemli adımlardan biridir (Denton vd., 2017). Uygun olmayan arazi yönetimi uygulamaları nedeniyle toprağın bozulması, uygun değer arazi verimliliğindeki azalmaların başlıca nedenlerinden birisidir. Tarımsal üretkenlik, gıda güvenliği ve çevresel modelleme için de besin element içeriklerinin mekânsal değişkenliğinin bilinmesi gereklidir (Bhunja vd., 2018).

Bu çalışmada, Erzin ovası topraklarının bazı besin element içeriklerinin belirlenmesi ve bunların çalışma alanındaki mekânsal dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Erzin ovası Türkiye'nin en önemli turuncgil üretim merkezlerinden biridir. Buna rağmen ova toprakları ile ilgili olarak şu ana kadar detaylı inceleme ve haritalama çalışması yapılmamıştır. Bu çalışma ile ova topraklarının temel özellikleri ve bazı besin element içeriklerinin dağılımı belirlenmiştir. Bu da turuncgil ağaçlarının beslenmesi açısından son derece önemlidir.

Özyazıcı vd. (2017) Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, toprakların temel verimlilik özelliklerini belirlemiş ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak, bunların alandaki dağılım haritalarını oluşturmuştur. Benzer şekilde; Leena vd. (2021) Hindistan'ın Karnataka Eyaletindeki toprakların besin element içeriklerinin yersel dağılımı incelenmiştir. Doğan vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise Hatay'ın Arsuz ilçesinde yer alan Arsuz ovası topraklarının mikrobiyal özelliklerinin ovadaki dağılımı jeostatistiksel yöntemlerle incelenmiştir.

Ordu ili-Altınordu ilçesi topraklarında yapılan bir çalışmada, DTPA ile ekstrakte edilebilen mikrobesin elementlerinin uzaysal değişkenliği jeostatistiksel teknikler uygulanarak incelenmiştir. Yaklaşık 40000 ha'lık bir alanda yapılan çalışmada, 0-20 cm derinlikten alınan 66 örnek analiz sonuçlarına göre; toprak reaksiyonu (pH) en az değişken özellik iken, elektriksel iletkenlik (EC) en fazla değişken özellik olarak belirlenmiştir. Yine bakır orta derecede uzaysal bağımlılığa, mangan ise en güçlü sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, en büyük etki aralığı (17424 m) Cu için ve en düşük etki aralığı (692 m) Zn için belirlenmiştir (Aşkın vd., 2017).

Bhunia vd. (2018) tarafından Batı Bengal'deki (Hindistan) lateritik topraklarda yapılan bir çalışmada, toprak özelliklerinin jeostatistiksel yöntemlerle toprak özelliklerinin mekânsal dağılımı incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların önemli bir kısmının orta düzeyde otokorelasyon gösterdiği (nugget/sill oranı 0.25-0.75 arasında olduğu) belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, uygulanan jeostatistiksel modelin lateritik toprakların mekânsal değişkenliğini doğrudan ortaya çıkarabileceğini ve çiftçilere ve karar vericilere toprak-su yönetimini iyileştirmede yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Demircioğlu ve Ağca (2022) tarafından Arsuz ovasında (Hatay) yapılan bir çalışmada, toprakların çoğunda temel özellikleri için en uygun yarivariyogram modeli a Gaussian ve exponential (üssel) olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tamamı kuvvetli ve orta düzeyde yersel bağımlılık olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, toprak özelliklerinin ilişkili olabileceği en fazla uzaklıkların 850-7776 m arasında olduğu görülmüştür.

Kolombiya'daki tarım kültürü altında olan ve doğal koşullarda olan asidik topraklarda yapılan bir çalışmada, toprakların fizikokimyasal özelliklerinin yersel değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; toprakların tamamı asidik özellikte, EC değerlerine göre tuzsuz, organik madde içerikleri düşüktür. P konsantrasyonları tarımsal ve doğal topraklarda sırasıyla 1.95 ile 54.11 mg kg<sup>-1</sup> (ortalama 7.44 mg kg<sup>-1</sup>) ve 1.94-49.33 mg kg<sup>-1</sup> (ortalama 11.02 mg kg<sup>-1</sup>) arasında değişmiştir. Toprakların tamamı güçlü uzaysal değişkenlik ve zayıfotokorelasyon göstermiş olup, toprak özelliklerinin çoğunda önemli ölçüde heterojenlik görülmüştür (Trujillo-González vd., 2022).

Çin'in batısındaki Shaanxi Eyaletinde yer alan Daliuta maden alanında yapılan bir çalışmada, topraktaki besin elementlerinin dağılımı ve besin elementlerini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarında Organik madde, alınabilir azot, fosfor, potasyum düzeyleri ve toprak tuz içeriği orta düzeyde değişiklik göstermiş, pH değerleri çok fazla değişmemiştir. Buna karşılık toprak nem içeriğinin güçlü bir şekilde değiştiği görülmüştür. Organik madde, pH ve toprak tuzluluğu mekânsal olarak orta düzeyde ve azot, fosfor, potasyum ve toprak nem içeriği uzaysal olarak zayıf bir şekilde otokorelasyona sahiptir. Tüm toprak özellikleri için en uygun variyogram modelleri Exponential ve Spherical olarak belirlenmiştir. Otokorelasyon aralıkları (A<sub>0</sub>) ise 15-1140 m arasında değişmiştir (Long vd., 2022).

Zeraatpisheh vd. (2022) tarafından İran'ın Fars ilinin güneydoğu kesiminde, Darab ilçesinde yer tarım ve doğal arazilerde yapılan bir çalışmada, temel toprak özellikleri ve besin element içeriklerinin yersel dağılımı belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında toprak özellikleri ve besin element içeriklerinin tamamı için en uygun yarivariyogram modelinin Spherical ve Exponential olduğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca A<sub>0</sub> değerlerinin 2650 m(Fe) ile 14620 m (Cu) arasında değiştiği görülmüştür.

Hatay ilinin Dörtüyl ilçesinde Aşkiner (2022)'nin yaptığı bir çalışmada, topraklardaki besin element içeriklerinin yersel dağılımı belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, toprak parametrelerinin varyasyon katsayısı (VK) % 1.86 (pH) ile % 120.85 (K) arasında değişmiştir. Toprak özelliklerinden pH, EC, kireç, OM, P, Mn ve Zn için Üssel (Exponential); nem, kum, kil, Ca, Na, Mg ve Fe için Gaussian, silt ve K için Küresel (Spherical), Cu için ise Doğrusal (Linear) model en uygun yarivariyogram modeli olarak belirlenmiştir.

Ağca ve Kan (2022) tarafından Trabzon'un Akçaabat ilçesindeki bazı fındık bahçelerinde topraklardaki makro ve mikro besin elementlerin düzeyleri belirlenmiştir. Toprak örneklerinin pH, EC ve kireç içerikleri sırasıyla 5.5 ile 7.4, 72 ile 613  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ve % 0.42 ile %4.95 arasında değişmiştir. Yine toprakların OM, alınabilir P, K, Ca ve Mg içeriklerinin sırasıyla % 0.34 ile 3.76, 7.27 ile 98.34 mg Kg<sup>-1</sup>, 41.5 ile 1294.5 mg Kg<sup>-1</sup>, 6700 ile 20200 mg Kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Topraklardaki alınabilir mikro elementlerden Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri ise sırasıyla 2.75 ile 95.85 mg Kg<sup>-1</sup>, 0.44 ile 2.95 mg Kg<sup>-1</sup>, 4.37 ile 62.60 mg Kg<sup>-1</sup>, 0.68 ile 4.70 mg Kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği

saptanmıştır. Araştırma bulguları, besin elementlerinin çoğunun bitkiler için yeterli ve fazla düzeyde olduğunu ortaya koymuştur.

Hindistan'ın Anuppur bölgesinde Tagore vd. (2023)'ün yaptıkları çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak topraklardaki besin element içeriklerinin yersel dağılım haritaları oluşturmuştur. Çalışmada, toprakların yaklaşık %54.06'nın Zn içeriklerinin eksik olduğu görülmüştür. Jeostatistiksel sonuçlar, pH, kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), OC ve Zn üstel modelin, EC ve demir (Fe) için küresel modelin en uygun olduğunu göstermiştir. Yine, pH, EC, OC, Zn, Cu ve Fe orta derecede uzaysal bağımlılık göstermiştir.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

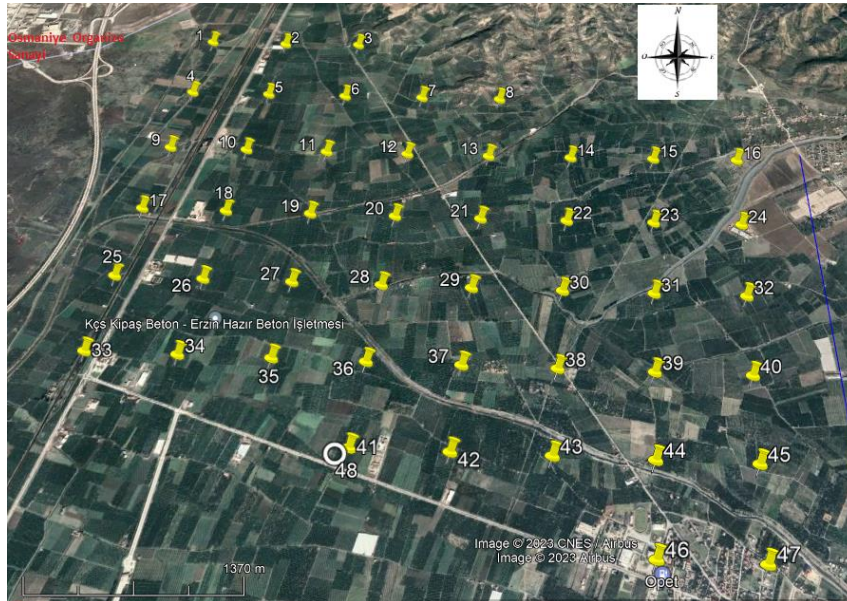
#### 3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri (Geographical Location and Features of The Study Area)

Hatay ili Erzin ilçesi sınırlarında yer alan ( $36^{\circ}57'53''$  ve  $36^{\circ}59'56''$  K ve  $36^{\circ}07'34''$  ve  $36^{\circ}12'45''$  D) çalışma bölgesi yaklaşık 2200 hektarlık bir alan kaplamaktadır. Çalışma alanı Adana, Osmaniye, Dörtöyl ve İskenderun Körfezi ile çevrilidir (Anonim, 2016). Çalışma alanının özellikle doğu kesimlerinde, narenciye üretimi oldukça fazladır. Alanının neredeyse tamamı narenciye örtüsü ile kaplıdır. Ovanın ortasında yer alan Haydar Dağında kuru tarım uygulanmaktadır. Burada soğan ve tahıl üretimi ön sırada yer almaktadır. (Doyuran, 1982). Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, bahar ve kış ayları ise ılık ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Çalışma alanının yer aldığı Hatay'da yıllık ortalama yağış toplamı 1161.5 mm, ortalama sıcaklık ise  $18.3^{\circ}\text{C}$ 'dir (Anonim, 2023). Ovanın büyük bir kısmını örten alüvyonlar sel suları ve akarsu çökellerinden oluşmuştur. Akarsu yataklarında genellikle çakıllı ve yer yer kumlu olan alüvyonlar ovaların diğer kısımlarında daha çok kumlu, siltli ve killidir. Ovada alüvyonların kalınlığı 10-60 m arasında değişmektedir (Doyuran, 1982).

#### 3.2. Yöntem (Method)

##### 3.2.1. Toprak örnekleme ve analizleri (Soil sampling and analysis)

Bu çalışmada, çalışma alanını temsil edecek şekilde rastgele örnekleme yöntemine göre, 0-30 cm derinlikten toplam 47 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Ayrıca GPS cihazı ile her bir örnekleme noktasının Universal Transverse Mercator UTM sistemine göre coğrafi koordinatları (WGS84 datum ve 37. dilim) belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve toprak örnekleme noktaları (Location of the study area and soil sampling points)

Alınan toprak örnekleri plastik tavalara serilmiş ve kurutulduktan sonra 2 mm çaplı elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), yarayışlı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn), çinko (Zn), ve yarayışlı fosfor (P) analizleri yapılmıştır. Alınabilir Na, K, Ca ve Mg amonyum asetat ektstraksiyon yöntemi ile (Richards, 1954), yarayışlı Fe, Cu, Mn ve çinko Zn içerikleri DTPA ektstraksiyon yöntemi ile (Lindsay ve Norwell, 1978), alınabilir P içeriği ise Olsen vd. (1954)'e

göre belirlenmiştir. Tüm analizler Mustafa Kemal Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (MARGEM) laboratuvarlarında yapılmıştır.

### 3.2.2. İstatistiksel analizler (Statistical analysis)

Araştırma konusu topraklara ait bütün parametrelerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, yatıklık, basıklık vb.) yapılmış ve toprak örneklerine ait parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla her bir parametreye ait verilere normalite testi (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri) uygulanmıştır (Tablo 1) (Liu vd., 2006). Tüm istatistik analizler SPSS (versiyon 22) istatistik paket programı ile yapılmıştır.

### 3.2.3. Verilerin modellenmesi ve haritalaması (Modeling and mapping of data)

Besin elementleri ile ilgili parametrelerin yersel dağılımının modellenmesinde, Jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Yarıvariogramların modellenmesinde GS<sup>+</sup> (sürüm 10) Jeostatistik paket programı kullanılmıştır (Gamma design, 2008). Besin element içeriklerinin mekânsal dağılım haritalarının oluşturulmasında ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Bu kapsamda her bir besin element içeriğinin dağılım haritaları ArcGIS (sürüm 10.6.1) programı ile oluşturulmuştur (Töreay vd., 2010). Bu programda herhangi bir toprak özelliğinin örneklenen noktadaki değerleri kullanılarak araştırma alanında örneklenmeyen noktalarda tahminler yapmak için ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Topraklardaki besin element içeriklerinin normalite test sonuçları (Normality test results of nutrient content in soils)

Parametre	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	İstatistik	P	İstatistik	*P
Na	0.201	0.000	0.857	0.000
K	0.300	0.000	0.505	0.000
Ca	0.226	0.000	0.869	0.000
Mg	0.146	0.014	0.911	0.002
Fe	0.176	0.001	0.900	0.001
Cu	0.200	0.000	0.774	0.000
Mn	0.098	0.200	0.950	0.048
Zn	0.293	0.000	0.579	0.000
P	0.131	0.043	0.930	0.008

\* P> 0.05 normal dağılım gösteren veriler, \*p < 0.05 normal dağılım göstermeyen veriler

Besin elementleri ile ilgili parametrelerinin uzaysal bağımlılıklarının değerlendirilmesinde, Cambardella vd. (1994) tarafından önerilen nugget yarıvaryansın (C0) toplam variansa (C0 + C) oranının yüzdesi kullanılmıştır. Bu değer % 25 veya daha düşük ise uzaysal bağımlılık kuvvetli, %25-75 arasında ise orta, % 75'den büyük ise uzaysal bağımlılık zayıf olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca parametrelerin varyasyon katsayılarının değerlendirilmesinde Zhou vd. (2012) tarafından önerilen kıstaslar kullanılmıştır. Buna göre herhangi bir parametrenin varyasyon katsayısı % 10'dan düşük ise değişkenlik düzeyi düşük, % 10-100 arasında ise değişkenlik düzeyi orta ve % 100'den büyük ise değişkenlik düzeyi yüksek olarak değerlendirilmiştir.

## 4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

### 4.1. Toprakların Besin Element İçerikleri (Nutrient Element Contents of The Soils)

Araştırma alanı topraklarındaki besin element içeriklerinin tanımlayıcı analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Çalışma alanı toprakların Na içerikleri 26.84 mg kg<sup>-1</sup> (15 nolu örnek) ile 43.82 mg kg<sup>-1</sup> (16 nolu örnek) arasında değişmiş olup ortalama Na değeri 31.77 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 2 ).

Toprakların alınabilir K içerikleri 24.90 mg kg<sup>-1</sup> (43 nolu örnek) ile 1054.60 mgkg<sup>-1</sup> (23 nolu örnek) arasında değişiklik göstermiş olup; ortalama K değeri 122.88 mg kg<sup>-1</sup>'dir (Tablo 2). Alınabilir K içeriklerinin sınır değerlerle (FAO, 1990) kıyaslanması sonucunda; K değerlerinin toprakların % 21.28'inde çok az, %59.57'sinde az, %14.89'unda yeterli ve %4.25'inde fazla, olduğu saptanmıştır. Erdal ve Doğan (2018), Burdur'da yaptıkları çalışmada bitkiye yararlı K içerikleri; toprakların %7'sinde az, % 42'sinde yeterli, % 48'inde fazla ve %3'ünde çok fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Ca içerikleri 625.82 mg kg<sup>-1</sup> (44 nolu örnek) ile 8593.77 mg kg<sup>-1</sup> (1 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama Ca değerinin ise 3579.17 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Sınır değerlerine (FAO, 1990) göre kalsiyum;

toprakların %2.12'sinde az, %55.32'sinde yeterli ve %42.55'inde ise fazla olduğu tespit edilmiştir. Everest ve Özcan (2018)'in Ezine (Çanakkale) bölgesinde yaptıkları çalışmada, toprakların kalsiyum miktarı 113.05-11505 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama 5047.41 mg kg<sup>-1</sup> olduğu bulunmuştur.

**Tablo 2.** Besin element içeriklerinin tanımlayıcı analiz sonuçları (Descriptive analysis results of nutritional element contents)

	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
Değerler	mg kg <sup>-1</sup>								
<b>EK</b>	26.84	24.90	625.82	322.62	2.00	0.76	0.13	0.34	0.12
<b>EY</b>	43.82	1054.60	8593.77	1656.96	35.64	6.20	5.32	5.67	8.63
<b>Ort.</b>	31.77	122.88	3579.17	812.88	14.67	2.81	1.03	2.24	1.22
<b>SS</b>	3.92	159.54	2181.83	381.25	9.49	1.44	1.04	1.03	1.51
<b>Çarpıklık</b>	1.40	4.63	0.85	0.76	0.63	0.94	2.14	0.93	3.49
<b>Bas.</b>	1.57	25.86	-0.36	-0.483	-0.49	-0.05	5.64	1.54	13.89
<b>VK</b>	12.34	129.83	60.96	46.90	64.69	51.25	100.97	45.98	123.77

EK: en küçük değer, EY: en yüksek değer, Ort.: ortalama değer, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı, Çarpıklık : yatıklık katsayısı, Bas. : basıklık katsayısı

Toprakların Mg içeriklerinin 322.62 mg kg<sup>-1</sup> (23 nolu örnek) ile 1656.96 mg kg<sup>-1</sup> (28 nolu örnek) arasında ve ortalama 812.88 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarında bitkiye yararlı Mg içerikleri; toprakların %23.40'ında yeterli, %70.21'inde fazla ve %6.38'inde çok fazla olarak bulunmuştur (FAO, 1990). Erdal ve Doğan (2018)'in bu konuda yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Özkan vd. (2009) Antalya'da elma yetiştirilen topraklarda, değişebilir Mg içeriğinin 155-2280 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve toprakların tümünün iyi düzeyde alınabilir Mg'a sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018) Salihli (Manisa)'daki bağ topraklarında yaptıkları bir araştırmada, toprakların magnezyum içeriğinin 150-225 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çalışma alanı topraklarındaki P içeriklerinin 2.00 mg kg<sup>-1</sup> (8 nolu örnek) ile 35.64 mg kg<sup>-1</sup> (28 nolu örnek) değiştiği, ortalama değer ise 14.67 mg kg<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır. Toprakların P içerikleri sınır değerlere (Olsen vd., 1954) göre değerlendirildiğinde; P içeriğinin toprakların %2.13'ünde çok az, %34.04'ünde az, %48.94'ünde yeterli ve %14.89'ünde fazla olarak belirlenmiştir. Erdal ve Doğan (2018) yaptıkları çalışmada P içeriklerinin toprakların %3'ünde az, %58'inde yeterli, %36'sında fazla ve %3'ünde ise çok fazla olduğu tespit edilmiştir.

Topraklardaki alınabilir Fe içerikleri 0.76 mg kg<sup>-1</sup> (1 nolu örnek) ile 6.20 (24 nolu örnek) arasında (Tablo 2) değişmektedir. Çalışma alanı topraklarının Fe içeriği ortalamasının ise 2.81 mg kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Toprakların Fe içeriği standart değerlerle (Lindsay ve Norwell, 1978) kıyaslandığında; Fe miktarı toprakların %85.11'inde az ve %14.89'unda orta düzeydedir. Özden vd. (2020) tarafından İzmir'de yapılan çalışmada; Fe miktarı 2.04-269.70 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Toprakların %90.84'ünde Fe'in yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Paris vd. (2020) tarafından bir çalışmada, São Mateus'da (Brezilya) topraklardaki Fe içeriklerinin 94.1-583.0 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çalışma alanında bitkiye yararlı Cu içeriklerinin 0.13 mg kg<sup>-1</sup> (18 nolu örnek) ile 5.32 mg kg<sup>-1</sup> (42 nolu örnek) arasında olduğu (Tablo 2) görülmektedir. Topraklarının ortalama Cu içeriği ise 1.03 mg kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların Cu içerikleri standart değerlere (Lindsay ve Norwell, 1978) karşılaştırıldığında Cu içeriği toprakların; %14.89'unda az, %14.89'unda orta %23.40'ında yeterli, %27.66'sında yüksek ve %19.15'inde ise çok yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Everest ve Özcan (2018) Ezine (Çanakkale) yöresinde yaptıkları çalışmada inceleme alanının tamamında yeterli miktarda Cu (>0.2 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu belirtilmiştir. Çataklı Çayı Havzasında (Trabzon) çalışan Saygın vd. (2017), yüzey topraklarının ortalama Cu miktarının 1.04 mg kg<sup>-1</sup> iken yüzey altı topraklarında bu değer 0.46-3.52 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmektedir.

Çalışma alanındaki Mn içerikleri 0.34 mg kg<sup>-1</sup> (8 nolu örnek) ile 5.67 mg kg<sup>-1</sup> (41 nolu örnek) arasında değişmekte olup; tüm alanın ortalaması 2.24 mg kg<sup>-1</sup> 'dir. Lindsay ve Norwell (1978)'e göre Mn içerikleri toprakların %65.96'sında az, %23.40'ında orta ve %10.64'ünde yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Özden vd. (2020)'nin İzmir ilinde yaptıkları araştırma sonuçlarına göre; ekstrakte edilebilir Mn miktarı 2.20-299.60 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %96.61'inde Mn'nin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Bitkiye yararlı Zn içerikleri 0.12 mg kg<sup>-1</sup> (4 nolu örnek) ile 8.63 mg kg<sup>-1</sup> (29 nolu örnek) arasında değiştiği ve çalışma alanının ortalama Zn içeriğinin ise 1.22 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Sınır değerleri (Lindsay ve Norwell,

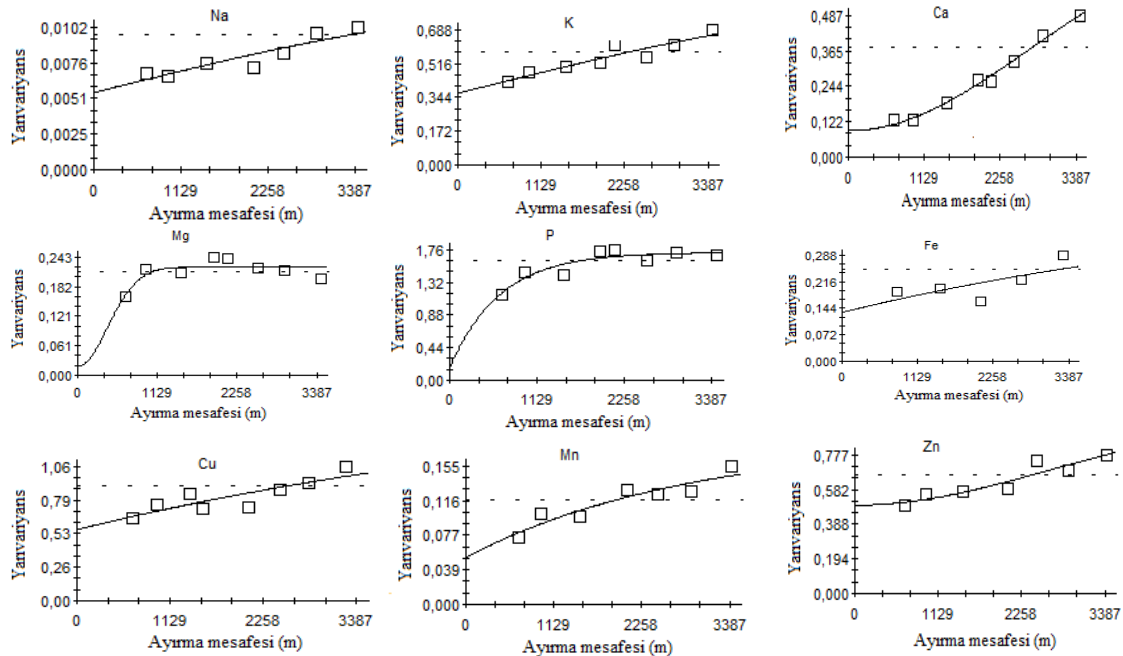
1978) ile kıyaslandığında; toprakların %36.17'sinin Zn içeriği az, %40.42'sinin orta, %12.76'sının yeterli ve %10.64'ünün yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Özden ve ark. (2020)'nin benzer konuda yaptıkları çalışmada Zn miktarı 0.07-19.14 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, toprakların %44.42'sinde Zn'nin orta düzeyde olduğu saptanmıştır. Bulgaristan'ın güneyinde yapılan bir çalışmada, toprakların bitkilerce alınabilir Zn içeriklerinin 0.59-11.4 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir (Zaprijanova ve Hristozova, 2019).

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Na (%12.34) iken, en yüksek VK değeri K (potasyum) (%129.83)'a aittir. Bu durum besin elementleri içerisinde en çok homojen dağılım gösterenin Na, en az homojenlik gösterenin ise K olduğunu göstermektedir. Bu durum yatıklık değerlerini de açıklamaktadır. Yatıklık değerleri ne kadar küçük çıkarsa araştırma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır. VK değeri yüksek olan K (potasyum) içeriğinin aynı zamanda yatıklık değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

#### 4.2. Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımlarının Modellenmesi (Modeling of Spatial Distribution of Nutrient Element Contents)

Toprakların besin element içerikleri ile ilgili parametrelerin yersel dağılımının modellenmesinde Windows uyumlu GS<sup>+</sup> (sürüm 10) Jeostatistik paket programı kullanılmıştır. Bu program ile parametrelerin yarıvariogram grafikleri ve bunlara ait parametreler belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). En uygun yarıvariogram modelini belirlemek amacıyla tüm parametreler için aktif ayırma uzaklıkları 3387 m olarak alınmıştır. Ayrıca, tüm yarıvariogram modelleri izotropik olarak belirlenmiştir.

Toprakların tüm besin element içeriklerinin yatıklık değerlerinin yüksek (Tablo 2) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Tablo 1) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu ve Zn içeriklerine logaritmik; P ve Mn içeriklerine ise karekök dönüşüm uygulanmıştır. Srinivasan vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada K, Zeraatpisheh vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise Mg içerikleri için yatıklık değeri yüksek olarak belirlenmiştir. Selmy vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise Cu için yatıklık değeri çok düşük çıkmıştır.



Şekil 2. Besin element içeriklerinin yarıvariogram grafikleri (Semivariogram plots of nutrient content)



**Tablo 3.** Besin element içeriklerinin yarıvariogram parametreleri (Semivariogram parameters of nutriens contents)

Özellik	Model	A <sub>0</sub>	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill*100	R <sup>2</sup>
Na	Küresel	6146	5.520E-003	1.114E-002	0.50	0.832
K	Küresel	6922	0.366	0.799	0.46	0.874
Ca	Gaussian	3803	0.091	0.802	0.11	0.990
Mg	Gaussian	603	0.0188	0.2226	0.08	0.652
P	Üstel	642	0.162	1.728	0.09	0.834
Fe	Üstel	7110	0.1330	0.4520	29.42	0.504
Cu	Üstel	7110	0.560	1.702	32.9	0.723
Mn	Üstel	2875	0.0528	0.1846	0.29	0.880
Zn	Gaussian	3714	0.496	0.9930	0.50	0.877

Toprakların Na içeriklerine ait en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 395 m olarak alınmış ve en uygun yarıvariogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Peter-Jerome vd. (2022) ise Na için en uygun yarıvariogram modelini Üstel (Exponential) olarak belirlemişlerdir. Toprakların Na içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 6146 m olarak, nugget/sill oranına göre yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Topraklardaki K içerikleri için ayırma mesafeleri eşit olarak 394 m alınarak en uygun yarıvariogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Potasyum içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 6922 m olarak belirlenmiştir. Zeraatpisheh vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise toprakların K içerikleri için A<sub>0</sub> değeri 5630 m olarak belirlenmiştir. Toprakların K değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Denton vd. (2017) ise K değerlerinde yersel bağımlılık düzeyini orta olarak bulmuşlardır.

Toprakların Ca konsantrasyonları için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 390 m olarak alınmış ve en uygun yarıvariogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Toprakların Ca içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 3803 m, nugget/sill oranına göre ise, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Peter-Jerome vd. (2022) da bu konuda benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Topraklarda Mg için ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 392 m olarak alınarak en uygun yarıvariogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Toprakların Mg içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 603 m, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Peter-Jerome vd. (2022) ise Mg için yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Toprakların P için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 392 m olarak alınmış ve en uygun model Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Denton ve ark. (2017) da bu konuda benzer sonuçlar bulmuşlardır. Toprakların P içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 642 m olarak, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın ise kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Fe içerikleri için ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 582 m olarak alınarak en uygun yarıvariogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Toprakların Fe içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 7110 m olarak, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Cu için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek için; ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 382 m olarak alınmış ve en uygun yarıvariogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Toprakların Cu içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 7110 m olarak belirlenmiştir. Peter-Jerome vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise Cu için A<sub>0</sub> değeri 6073 m olarak belirlenmiştir. Nugget/sill oranına göre, topraklarının Cu değerlerinde yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Topraklardaki Mn için, en uygun yarıvariogram modelini belirlemek amacıyla ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 366 m olarak alınarak en uygun yarıvariogram modeli Üstel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Bu konuda Peter-Jerome vd. (2022) da benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Toprakların Mn içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 2875 m olarak, nugget/sill oranına göre, Mn değerlerindeki yersel bağımlılığın ise kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Zn için, ayırma mesafeleri eşit bir şekilde 386 m olarak alınmış ve en uygun yarıvariogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Toprakların Zn içerikleri için yersel otokorelasyon aralığı (A<sub>0</sub> değeri) 7110 m olarak belirlenmiştir. Peter-Jerome vd. (2022) ise yaptıkları çalışmada Zn için otokorelasyon

aralığını 21065 m olarak belirlemişlerdir. Çalışma alanı topraklarının Zn değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

### 4.3. Yersel Dağılım Haritaları (Spatial Distribution Maps)

Yarıvariogramın parametreleri kullanılarak bir CBS programı olan ArcGIS (sürüm 10.6.1.) ile ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılarak her bir besin element içeriğinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3).

Toprakların Na içeriklerinin çalışma alanındaki dağılımı incelendiğinde; en düşük değerlerin (25-30 mg kg<sup>-1</sup>) alanın güneydoğu kesiminde, en yüksek değerlerin (35-40 mg kg<sup>-1</sup>) ise kuzeybatı kesiminde olduğu görülmektedir. Çalışma alanında en fazla rastlanan Na içerikleri ise 30-35 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Bölgenin kuzeybatı bölgesinde ve kuzeydoğu bölgesinde K miktarı yeterli olmaktadır. Bölgenin güneydoğu kısmındaki K miktarının ise çok az olduğu görülmektedir. Kalsiyum içeriği çalışma alanının kuzeybatı bölümünde fazla, güney ve doğu kısımlarında ise miktarı yeterli seviyededir (Şekil 3).

Bölgenin tamamına yakın bölümünde Mg miktarı fazla olarak görünmektedir. Bölgede güneydoğu, kuzeydoğu ve batı kısmında az da olsa Mg miktarı yeterlidir. Orta doğu kısmında ve batı kısmının çok az bölgesinde Mg miktarı çok fazladır. Alanın batı bölümünde, kuzey kısmının bir bölümünde ve güneydoğu kısmının iç kesimlerinde P miktarının yeterli düzeyde olduğu görülmektedir. Bölgenin batı ve kuzeybatı bölgelerinin çok az bir kısmında P miktarı azdır. Bölgenin iç ve doğu kısmında P miktarı ise fazladır (Şekil 3).

Çalışma alanının büyük bir kısmında Fe miktarı yetersiz, güneydoğu kesimindeki küçük bir kısımda orta düzeydedir. Alandaki Cu içerikleri kuzey kesimlerindeki küçük bir alanda ve güney kesimlerinin orta kısımlarında yüksek, en güneye kısımlarında ise çok yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Toprakların Mn içerikleri batı, orta ve güneydoğu kesimlerinde orta en güney kısmındaki az bir bölümünde ise yeterli düzeydedir. Alanın büyük bir bölümünde daha çok batısında ve kuzeyindeki Mn miktarı ise yetersiz düzeydedir. Çalışma alanının batı ve kuzey kesimlerinde Zn miktarı az, orta kesimlerde orta, güney ve güneydoğu kısımlarında ise yeterli seviyededir (Şekil 3).

## 5. Sonuçlar (Results)

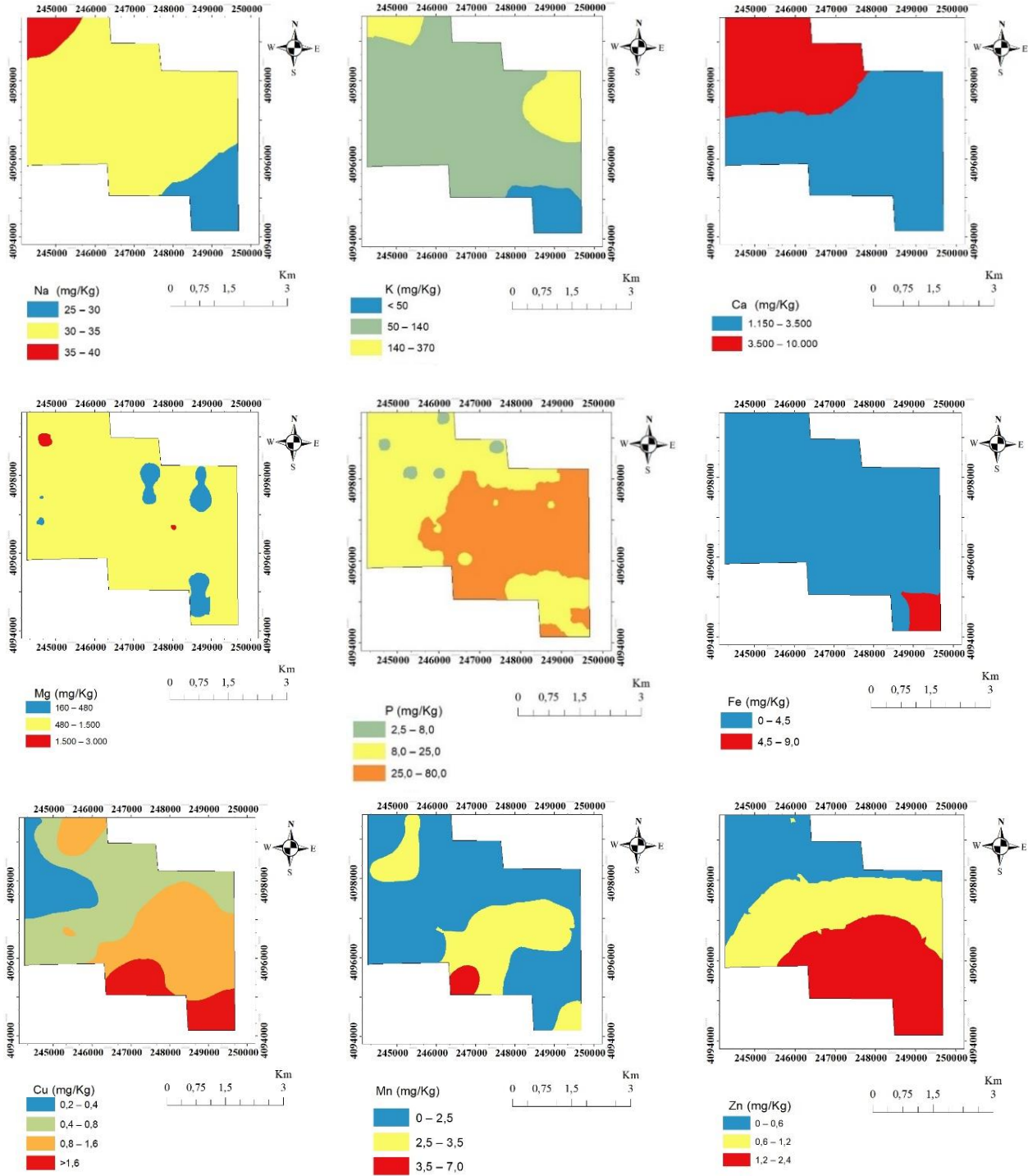
Bu çalışmanın amacı turuncgil yetiştiriciliğinin yoğun olarak gerçekleştirildiği Erzin ovasının bir bölümündeki toprakların besin element içeriklerini belirleyerek mekânsal dağılımlarını incelemektedir.

Toprakların sadece %20'sinde K ve yaklaşık % 64'ünde P yeterli düzeyde iken, tamamında Ca ve Mg içeriklerinin yeterli ve fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprakların yaklaşık %70'inde Cu, %10'unda Mn, %23'ünde Zn yeterli düzeyde iken, tamamında Fe içeriğinin yetersiz (az ve orta) düzeyde olduğu saptanmıştır.

Bu sonuçlar toprakların önemli bir kısmında potasyum, demir, bakır ve mangan; belirli bir kısmında ise fosfor yetersizliği sorunu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu besin elementlerinin eksik olduğu yerlere, ilgili elementi içeren gübre uygulanmalıdır. Ancak bunların hangi oranlarda verileceği daha sonra yapılacak detaylı çalışmalarla belirlenmelidir.

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Na (%12.34) iken, en yüksek VK değeri ise K (potasyum) (%129.83) değerlerinde belirlenmiştir. Bu durum besin elementleri içerisinde en çok homojen dağılım gösterenin Na; en az homojenlik gösterenin ise K (potasyum) olduğunu göstermektedir. Bu durumu yatıklık değerlerini de açıklamaktadır. Yatıklık değerleri ne kadar küçük çıkarsa araştırma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır. VK değeri yüksek olan K (potasyum) içeriğinin aynı zamanda yatıklık değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

Parametreler için belirlenen etki aralığı (A<sub>0</sub>) değerleri 603-7110 m gibi çok geniş sınırlar içinde değişmiştir. Etki aralığı örnekleme noktaları arasındaki otokorelasyonun etkili olabileceği maksimum uzaklığı belirtmektedir. Etki aralığı değerleri aynı zamanda o özellik için alınması gereken maksimum örnekleme aralığını da göstermektedir. Örneğin magnezyum içeriği için bu değer 603 m olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Mg analizi için yapılacak bir örneklemede maksimum örnekleme aralıklarının 603 m olması gerektiğini belirtmektedir. Bu değer; Mg ve P için oldukça düşük (603 ve 642 m) iken, diğer parametreler için daha yüksektir (2875-7100 m). Burada maksimum örnekleme aralığını belirleyecek olan en düşük A<sub>0</sub> (603 m) değeridir. Bundan sonra bölgede yapılacak besin elementleri ile ilgili çalışmalarda, ya en düşük A<sub>0</sub> değerine göre, ya da iki farklı örnekleme aralığı belirlenerek örnek alınmalıdır.



Şekil 3. Besin element içeriklerinin çalışma alanındaki dağılım haritaları  
(Distribution maps of nutrient content in the study area)

### Teşekkür (Acknowledgement)

Bu makale, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından 21.YL.048 nolu proje ile desteklenen Mehmet Selçuk COŞAR'ın Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.

### Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

**Kaynaklar (References)**

- Ağca, N., Kan, M.K., 2022. Trabzon Akçaabat Yöresi Fındık Bahçesi Topraklarının Temel Özellikleri ve Bazı Besin Element İçeriklerinin Belirlenmesi. Proceedings of 5<sup>th</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (November 23-25, 2022). 1481-1486. Ankara.
- Anonim, 2016. Rakamlarla Hatay Tarım Kimliği. Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.
- Anonim, 2023. Hatay İli İklim Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> (Erişim tarihi: 14.01.2023).
- Aşkın, T., Türkmen, F., Tarakçıoğlu, C., Kulaç, S., Aygün S., 2017. DTPA-Extractable Micronutrients: A Geostatistical Study From Ordu, Turkey. Eurasian J Soil Sci, 6 (2),154 – 160.
- Aşkıner, E.D., 2022. Dörtüyl Ovası Topraklarının Verimlilik İle İlgili Özelliklerinin Yersel Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeostatistiksel Yöntemler Kullanılarak Haritalanması. HMKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Benice A., Ağca N., 2022. Arsuz Ovası Topraklarının Tuzluluk ile İlgili Özelliklerinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (3), 1419-1437.
- Bhunia, G.S., Shit, P.K., Chattopadhyay, R., 2018. Assessment of Spatial Variability of Soil Properties Using Geostatistical Approach of Lateritic Soil (West Bengal, India). Annals of Agrarian Science, 16, 436-443.
- Cambardella, C.A, Moorman, T.B, Parkin, T.B, Karlen, D.L, Novak, J.M, Turco, R.F, Konopka, A.E., 1994. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58, 1501-1511.
- Demircioğlu, M., Ağca, N., 2022. Arsuz Ovası Topraklarının Temel Özelliklerinin Yersel Dağılımının Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(3), 1494-1513.
- Denton, O.A., Aduramigba-Modupe, V.O., Ojo, A.O., Adeyolu, O.D., Are, K.S., Adelana, A.O., Oyedele, A.O., Adetayo, A.O., Oke, A.O., 2017. Assessment of Spatial Variability and Mapping of Soil Properties for Sustainable Agricultural Production Using Geographic Information System Techniques (GIS). Cogent Food & Agriculture, 3,1, 1279366, DOI:10.1080/23311932.2017.1279366
- Doğan, K., Ağca, N., Keçecioğlu, F., Benice, A., Tek, T., 2020. Spatial Distribution of Microbial Activities in Arsuz Plain Soils (Hatay, Turkey). Arabian Journal of Geosciences, 13, 581.
- Doyuran, V., 1982. Erzin ve Dörtüyl Ovalarının Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 25, 151 – 160.
- Erdal, İ., Doğan, A., 2018. Burdur İli Tahıl Yetiştirilen Toprakların Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6 (1), 39-45.
- Everest, T., Özcan, H., 2018. Toprak Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Pedo-Jeolojik Yaklaşım. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5 (4), 589-603.
- FAO, 1990. Micronutrient, Assesment at the Country Level. An International Study (M. Sillanpaa, Editör). FAO Soils Bulletin 63. Published by FAO. 128 P. Roma, Italy.
- Gamma Design, 2008. Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell, Michigan, USA.
- Isaaks, H.E., Srivastava, R.M., 1989. Applied Geostatistics. Oxford University Press, Inc. 561 p.
- Leena, H.U., Premasudha, B.G., Panneerselvam, S., Basavaraja, P.K., 2021. Pedometric Mapping for Soil Fertility Management: A Case Study. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 20 (2),128-135.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society America Journal, 42, 421-428.
- Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Li, X., Li, J., Li, F., Duan H., 2006. Spatial Distribution of Soil Organic Carbon and Analysis of Related factors in Croplands of the Black Soil Region. Northeast China. Agric. Ecosyst. Environ., 113, 73-81.
- Long, L., Liu, Y., Chen, X., Guo, J., Li, X., Guo, Y., Zhang, X., Lei, S., 2022. Analysis of Spatial Variability and Influencing Factors of Soil Nutrients in Western China: A Case Study of the Daliuta Mining Area. Sustainability, 14, 2793. <https://doi.org/10.3390/su14052793>
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate, USDA.
- Özdemir, Ş., Günal, H., Acir, N., Arslan, H., Özaydın, Kahyaoğlu, S.E., Açar, A.M., 2019. Çerikli Sulama Sahasında Toprak Tuzluluğunun Tahmininde Deterministik ve Stokastik Enterpolasyon Yöntemlerinin Kullanımı. Topraksu Dergisi, 8 (1), 55-67.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö., Metinoğlu, F., 2020. İzmir İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ile Mikroelement Kapsamlarının Belirlenerek Haritalanması. Toprak Su Dergisi, Özel Sayı, 31- 40.
- Özkan, C.F., Demirtaş E.I., Arpacıoğlu A.E., Asri F.Ö., Arı N., 2009. Antalya Bölgesinde Elma Yetiştirilen Toprakların Verimlilik Durumlarının İncelenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2 (2), 95-99.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulananışı. İ. Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Bildiriler kitabı. I:271-280, Ankara.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkoçak, A., Türkmen, F., 2017. Mapping and Assessment-Based Modeling of Soil Fertility Differences in The Central and Eastern Parts of the Black Sea Region Using GIS and Geostatistical Approaches. Arab J Geosci, 10, 45.
- Paris, J.O., Gontijo, I., Partelli, F.L, Facco, A.G., 2020. Variability and Spatial Correlation of Soil Micronutrients and Organic Matter with Macadamia Nut Production. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, 24 (1), 31-36.
- Peter-Jerome, H., Adewopo, J.B., Kamara, A.Y., Aliyu, K.T., Dawaki, M.U., 2022. Assessing the Spatial Variability of Soil Properties to Delineate Nutrient Management Zones in Smallholder Maize-Based System of Nigeria. Hindawi. Applied and Environmental Soil Science, (Published 20 May 2022). <https://doi.org/10.1155/2022/5111635>
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline Anad Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook. No: 60.

- Saygın, F., Gürsoy, F.E., Demirdağ, İ., Dengiz, O., 2017. Çataklı Çayı Havzası Doğu Yakasında Çay Tarımı Yapılan Toprakların Fiziksel, Kimyasal ve Verimlilik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Turk J Agric Res*, 4(2), 143-154.
- Selmy, S., El-Aziz, S.A., El-Desoky, A., El-Sayed, M., 2022. Characterizing, Predicting, and Mapping of Soil Spatial Variability in Gharb El-Mawhoub Area of Dakhla Oasis Using Geostatistics and GIS Approaches. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21, 383-396.
- Srinivasan, R., Kumar, S.B. N., Singh, S. K., 2022. Mapping of Soil Nutrient Variability and Delineating Site-Specific Management Zones Using Fuzzy Clustering Analysis in Eastern Coastal Region, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50 (3),533-547. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01473-9>
- Tagore, G. S., Sethy, S. K., Kulhare, P. S., Sharma, G.D., 2023. Characterization of Spatial Variability of Micro Nutrients in Soils: Classical Vs. Geo-Statistical Approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54 (4), 472-487. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2118292>.
- Töreyan, G., Özdemir, İ., Kurt, T., 2010. Arcgis 10 Desktop uygulama dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 s. Ankara.
- Trujillo-González, J.M., Torres-Mora, M.A., Ballesta, R.J., Brevik, E.C., 2022. Spatial Variability of the Physicochemical Properties of Acidic Soils Along an Altitudinal Gradient in Colombia. *Environmental Earth Sciences*, 81,108.
- Tüik, 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 21.06.2023).
- Yağmur, B., Okur, B., 2018. Ege bölgesi Salihli İlçesi bağ plantasyonlarının verimlilik durumları ve ağır metal içerikleri. *Tekirdağ Zir. Fak. Dergisi*, 15(01), 111-122.
- Zapranova, P., Hristozova, G., 2019. DTPA-Extractable Micronutrients in Soils of Southern Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (6), 1233-1238.
- Zeraatpisheh, M., Bottega, E.L., Bakhshandeh, E., Owliaie, H.R., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., Scholten, T., Xu, M., 2022. Spatial variability of soil quality within management zones: homogeneity and purity of delineated zones. *Catena*, 209, 105835.
- Zhou Z., Zhang, G., Yan, M., Wang, J., 2012. Spatial Variability of the Shallow Groundwater Level and Its Chemistry Characteristics in The Low Plain Around the Bohai Sea, North China. *Environ Monit Assess*, 184, 3697-3710doi:10.1007/s10661-011-2217-1.