



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖRTYOL OVASI TOPRAKLARININ VERİMLİLİK İLE İLGİLİ
ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DAĞILIMIMININ COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ ve JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK
HARİTALANMASI**

EMİNE DERYA AŞKİNER

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
ARALIK-2022



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖRTYOL OVASI TOPRAKLARININ VERİMLİLİK ile İLGİLİ
ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DAĞILIMIMININ COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ ve JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK
HARİTALANMASI**

EMİNE DERYA AŞKİNER
ORCID:0000-0003-0570-5328

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANSTEZİ

Danışman
Prof. Dr. NECAT AĞCA
ORCID: 0000-0003-4864-844X

HATAY
ARALIK-2022

02/12/2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

EMİNE DERYA AŞKİNER

ÖZET

DÖRTYOL OVASI TOPRAKLARININ VERİMLİLİK ile İLGİLİ ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DAĞILIMIMININ COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ve JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK HARİTALANMASI

Bu çalışmada, Dört yol ovasındaki toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerin çalışma alanındaki yersel dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanından, alanı temsil edecek şekilde, rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak, 0-30 cm derinlikten 48 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde (OM), hava kuru nem içeriği, bünye (tekstür), alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P) ile bitkilerce alınabilir (yarayışlı) demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) analizleri yapılmıştır. Ayrıca örnekleme noktalarının koordinatları GPS cihazı ile belirlenmiştir. Araştırma konusu toprak özelliklerine ait bütün parametrelerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık, basıklık vb.) hesaplanmıştır. Toprak özelliklerinin yersel değişiminin modellenmesinde jeoistatistik yöntemler, haritalanmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Çalışma alanı temel toprak özelliklerinden pH 7.20 ile 7.78, EC 99 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ile 997 $\mu\text{S cm}^{-1}$, kireç %0.57 ile %13.17, organik madde %0.55 ile %8.95, nem içeriği %1.34 ile %9.48 arasında değişmiştir. Çalışma alanı makro besin elementlerinden K 12.18 mg kg^{-1} ile 1563.1 mg kg^{-1} , P 2.4 mg kg^{-1} ile 133.6 mg kg^{-1} , Ca 522.5 mg kg^{-1} ile 4363.3 mg kg^{-1} , Na içeriği 3.07 mg kg^{-1} ile 56.78 mg kg^{-1} ve Mg içeriği 473.7 mg kg^{-1} ile 3278.8 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Mikro besin elementlerinden Fe 8.8 mg kg^{-1} ile 43.5 mg kg^{-1} , Cu 0.8 mg kg^{-1} ile 9.4 mg kg^{-1} , Mn 9.4 mg kg^{-1} ile 332.2 mg kg^{-1} ve Zn içeriği 2.3 mg kg^{-1} ile 22.7 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. 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 yarıvaryogram modeli olarak belirlenmiştir.

2022, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dört yol ovası, Coğrafi bilgi sistemleri, jeoistatistik, mikro elementler, toprak özellikleri

ABSTRACT

MAPPING the SPATIAL DISTRIBUTION of CHARACTERISTICS of SOILS RELATED to PRODUCTIVITY of the DORTYOL PLAIN USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS and GEOSTATISTICAL METHODS

In this study, the properties of the soils related to productivity in Dörtöl Plain were determined and the spatial distribution maps of these characteristics in the study area were created. By using random sampling method, 48 soil samples were taken from 0-30 cm depth from the study area to represent the area. In soil samples; pH, electrical conductivity (EC), lime, organic matter (OM), air dry moisture content, texture, available sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P) and available iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) were analyzed. In addition, the coordinates of the sampling points were determined by the GPS device. Descriptive statistical analyzes (mean, minimum and maximum values, standard deviation, coefficient of variation, skewness, kurtosis, etc.) of all the soil properties were calculated. Geostatistics methods were used in modeling the spatial changes of soil properties, and geographic information systems (GIS) were used in mapping. The pH, EC, lime, OM, moisture content of the soils varied between 7.20 and 7.78, 99 $\mu\text{S cm}^{-1}$ and 997 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 0.57% and 13.17%, 0.55% and 8.95%, 1.34% and 9.48%, respectively. The K, P, Ca, Na, Mg contents varied between 12.18 - 1563.1 mg kg^{-1} , 2.4 - 133.6 mg kg^{-1} , 522.5 - 4363.3 mg kg^{-1} , 3.07 - 56.78 mg kg^{-1} and 473.7 - 3278.8 mg kg^{-1} , respectively. Among the micronutrients, Fe, Cu, Mn and Zn contents varied between 8.8 mg kg^{-1} and 43.5 mg kg^{-1} , 0.8 mg kg^{-1} and 9.4 mg kg^{-1} , 9.4 mg kg^{-1} and 332.2 mg kg^{-1} and 2.3 mg kg^{-1} and 22.7 mg kg^{-1} , respectively. The coefficient of variation (VK) of the soil parameters varied between 1.86%(pH) and 120.85%(K). Exponential model for pH, EC, lime, OM, P, Mn and Zn; Gaussian model for moisture, sand, clay, Ca, Na, Mg and Fe, Spherical model for silt and K, and Linear model for Cu were determined as the most suitable variogram model.

2022, 71 pages

Key Words: Dörtöl plain, geostatistic, geographic information system, micronutrient, soil properties

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde, sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan gerek tez konumunun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve deneyimi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Necat AĞCA'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımları nedeniyle sayın hocam Prof. Dr. Kemal DOĞAN'a, laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Abdullah GÖKPINAR'a ve arazi çalışmalarındaki yardımları nedeniyle Zir. Yük. Müh. Ahmet BENİCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım annem Ömriye BÜYÜKŞARLAK'a ve sevgili ablam Dilek TURUNÇ'a ve tabiki her an yanımda olup; beni destekleyen, güvenen sevgili eşim İhsan Mahir AŞKİNER'e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	11
3.1.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü	11
3.1.3. Çalışma Alanının İklimi	11
3.1.4. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	12
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması	14
3.2.2. Toprak Analizleri.....	14
3.2.3. İstatistiksel ve Jeostatistiksel Analizler	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	20
4.1. Araştırma Alanı Topraklarının Temel Özellikleri	20
4.2. Toprakların Element İçerikleri	23
4.3. Toprak Özellikleri ve Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Modellenmesi ve Haritalanması	27
4.3.1. pH	28
4.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC).....	30
4.3.3. Kireç	32
4.3.4. Organik Madde (OM).....	34
4.3.5. Kum	36
4.3.6. Silt.....	38
4.3.7. Kil	40
4.3.8. Nem	42
4.3.9. Sodyum (Na)	44
4.3.10. Potasyum (K)	46
4.3.11. Kalsiyum (Ca).....	48
4.3.12. Magnezyum (Mg).....	50
4.3.13. Fosfor (P)	52
4.3.14. Demir (Fe).....	54
4.3.15. Bakır (Cu)	56
4.3.16. Mangan (Mn)	58
4.3.17. Çinko (Zn).....	60
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1940 – 2021).....	13
Çizelge 3.2. Toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri için sınır değerler.....	16
Çizelge 3.3. Toprak özelliklerine ait normalite test sonuçları	18
Çizelge 4.1 Araştırma konusu toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri	21
Çizelge 4.2 Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içerikleri	25
Çizelge 4.3. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	29
Çizelge 4.4. EC değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	31
Çizelge 4.5. Kireç miktarlarına ait yarıvaryogram parametreleri	33
Çizelge 4.6. Organik madde değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	35
Çizelge 4.7. Kum miktarlarına ait yarıvaryogram parametreleri	37
Çizelge 4.8. Silt değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	39
Çizelge 4.9. Kil içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri	41
Çizelge 4.10. Nem içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	43
Çizelge 4.11. Na içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	45
Çizelge 4.12. K değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	47
Çizelge 4.13. Ca değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	49
Çizelge 4.14. Mg değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	51
Çizelge 4.15. P değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	53
Çizelge 4.16. Fe değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri.....	55
Çizelge 4.17. Cu değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	57
Çizelge 4.18. Mn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	59
Çizelge 4.19. Zn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının jeoloji haritası	12
Şekil 3.2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları	15
Şekil 4.1. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	29
Şekil 4.2. Toprakların pH değerlerinin yersel dağılım haritası.....	30
Şekil 4.3. Toprakların EC değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	31
Şekil 4.4. Toprakların EC değerlerinin dağılım haritası	32
Şekil 4.5. Toprakların kireç miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği.....	33
Şekil 4.6. Toprakların kireç içeriklerinin dağılım haritası	34
Şekil 4.7. Toprakların organik madde değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	35
Şekil 4.8. Toprakların organik madde değerlerinin dağılım haritası	36
Şekil 4.9. Kum miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği.....	37
Şekil 4.10. Toprakların kum miktarlarının dağılım haritası.....	38
Şekil 4.11. Toprakların silt değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	39
Şekil 4.12. Toprakların silt miktarlarının dağılım haritası	40
Şekil 4.13. Toprakların kil miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği.....	41
Şekil 4.14. Toprakların kil içeriklerinin dağılım haritası	42
Şekil 4.15. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	43
Şekil 4.16. Toprakların nem içeriklerinin dağılım haritası	44
Şekil 4.17. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği.....	45
Şekil 4.18. Toprakların Na içeriklerinin dağılım haritası	46
Şekil 4.19. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	47
Şekil 4.20. Toprakların K içeriklerinin dağılım haritası	48
Şekil 4.21. Toprakların Ca içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği.....	49
Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinin dağılım haritası	50
Şekil 4.23. Toprakların Mg değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	51
Şekil 4.24. Toprakların Mg içeriklerinin dağılım haritası.....	52
Şekil 4.25. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	53
Şekil 4.26. Toprakların P değerlerinin dağılım haritası	54
Şekil 4.27. Toprakların Fe değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	55
Şekil 4.28. Toprakların Fe içeriklerinin dağılım haritası	56
Şekil 4.29. Toprakların Cu değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	57
Şekil 4.30. Toprakların Cu içeriklerinin dağılım haritası	58
Şekil 4.31. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği.....	59
Şekil 4.32. Toprakların Mn içeriklerinin dağılım haritası.....	60
Şekil 4.33. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği	61
Şekil 4.34. Toprakların Zn değerlerinin dağılım haritası.....	62

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
ha	: Hektar
µg	: mikrogram
mg	: miligram
g	: gram
kg	: kilogram
mL	: mililitre
ppm	: part per million (milyon birimde bir birim)

KISALTMALAR

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
-----	---

1. GİRİŞ

Topraklar tarımsal üretimin temel öğelerinden biri olup, aynı zamanda çoğaltılamayan doğal kaynaklardır. Gerek dünya, gerekse Türkiye'de nüfusun sürekli artmasına karşın, bu nüfusu besleyecek olan kültür bitkilerinin hemen hemen tek beslenme ve gelişme ortamı olan toprakları artırma olanağı kalmamıştır. Ayrıca her geçen gün tarımsal alanlar amaç dışı kullanılmak suretiyle azalmaktadır. Bu nedenle, artan nüfusu besleyebilmenin tek yolu ise birim alandan alınacak ürün miktarını artırmaktır. Topraklardan en yüksek verimi alabilmenin yolu ise onların verimlilik düzeyinin yükseltilmesidir.

Toprakların temel özellikleri ile makro ve mikro besin element içerikleri toprak verimliliği açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bitkisel üretim yapılacak toprakların özelliklerinin yersel dağılımının bilinmesi son çok önemlidir.

Toprakların verimli olabilmesi için sürdürülebilir, çevre ile uyumlu, insanlığın ve doğanın devamlılığına yönelik tarımsal faaliyetlerin benimsenmesi gerekmektedir. Toprakların verimli ve sürdürülebilirliği için toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri incelenmeli ve gerekli olan eksiklikler ve işlemler değerlendirilerek nasıl bir yol izlenmesi gerektiği belirlenmelidir. Bunun için de topraklardan belirli aralıklarla örnekler alınarak analiz edilmeli ve çıkan sonuçların çok yönlü olarak incelenerek; bölge iklim, toprak yapısı ve jeolojik yapı ile beraber değerlendirilmesiyle doğru bir toprak yönetim şekli belirlenmelidir.

Jeoistatistik, ölçülen herhangi bir özelliğin uzaysal yapısını ve uzaysal bağımlılığını inceleyen ve sayısallaştıran ve buradan elde edilen ilişkiyi kullanarak anılan özelliğin örneklenmemiş noktalardaki değerlerini tahmin eden uygulamalı istatistiğin bir koludur (Isaaks ve Srivastava, 1989).

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ise her tür coğrafi bilgiyi verimli bir şekilde elde etmek, depolamak, değiştirmek, yönetmek, analiz etmek ve görüntülemek ve haritalamak için tasarlanmış organize bir bilgisayar donanımı, yazılımı ve coğrafi veri seti olarak tanımlanmaktadır (ESRI, 2022a). CBS'nin uygulanabileceği alanlar çok geniştir. Ağırlıklı olarak CBS, mekânsal planlama, devlet yöntemi, bütünleşmiş kurtarma sistemi hizmetleri, ulaşım, kaynak yönetimi, kamu hizmetleri, güvenlik ve askeri sektör, çevre, perakende, vergi gibi mekânsal verilerle çalışmanın gerekli olduğu alanlarda kullanılabilir. CBS'nin en önemli kullanım alanlarından biri de toprak özelliklerinin

haritalanmasıdır. CBS veri modelleri Coğrafi veriler, ikisi temel ve biri tamamlayıcı olmak üzere üç tür bilgi içerir. Bunlar; uzaysal bilgi (konum, diğer nesnelerle ilişki), açıklayıcı bilgiler (belirli bir yapının diğer özellikleri, örneğin: edinme tarihi, türü, kalınlığı, sıcaklığı vb.) ve zaman bilgisidir (son onarımın tarihi gibi) (ESRI, 2022b). CBS bileşenleri beş ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; personel, yöntem, donanım, yazılım ve veri olarak sıralanmaktadır. CBS konumsal veri toplama, depolama, analiz yöntemleri, vb. yetenekleri ile birçok konuda kullanım alanı bulmuştur (Çabuk ve ark., 2018).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprakların özellikleri derinliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Ancak özelliklerdeki değişim sadece derinlikle değil aynı zamanda yatay mesafelerde de anlamlı olarak değişmektedir. Toprak verimliliği açısından bu değişimlerin belirlenip, jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi; tarımsal üretimde daha etkin ve daha ekonomik gübreleme ve toprağın sürdürülebilir kullanımı açısından son derece önem taşımaktadır. Günümüzde, jeostatistiksel veriler birçok gelişmiş ülkede üretilmekte, bu da gereksiz tarım kimyasallarının kullanımını önlemekte, toprak ve çevrenin korunması konularında önemli katkılarda bulunmaktadır (Hatipoğlu, 2019).

Aishah ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Selangor'daki (Malezya) Barat Laut Paddy Projesi alanındaki çeltik topraklarının seçilmiş bazı özelliklerinin yersel değişim desenleri jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmiştir. Dağılım haritalarının belirlenmesinde ise kriging yöntemi kullanılmıştır. Etki aralıkları (A_0) sırasıyla pH için yaklaşık 6 km, organik karbon için 1 km, toplam N ve kullanılabilir P için 8 km ve değiştirilebilir K için 9 km olarak belirlenmiştir. Üretilen dağılım haritaları, alanın büyük bir kısmında pH değerlerinin 4.0-4.5 (orta asidik) ve organik karbon içeriğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Yine haritalar, çalışma alanının büyük bir bölümünde toplam azot içeriğinin yüksek, fosfor içeriğinin ise düşük olduğunu ortaya koymuştur. Sonuçlar ayrıca, bu alanlarda gelecekteki toprak örneklemesinin, toprak özelliklerine bağlı olarak örnekleme aralığını artırarak yapılabileceğini ve mevcut varyasyonlara göre uygun yönetimin uygulanması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Reza ve ark. (2012) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, Kuzeydoğu Hindistan'ın Brahmaputra Ovalarında yapılan bir çalışmada, toprakların pH, organik karbon (OC), kullanılabilir azot (AN) ve kullanılabilir potasyum (AK) içeriklerinin yersel değişkenlik derecesini belirlenmiştir. Toprak özellikleri arasında en büyük değişkenlik AK (%42), en küçük değişkenlik ise pH (%16) değerinde belirlenmiştir. Tüm özellikleri için en uygun yarıvaryogram modeli üssel olarak belirlenmiştir. Nugget/sill oranları, pH için güçlü, OC için orta, diğer özellikler için ise zayıf yersel bağımlılık olduğunu ortaya koymuştur. Yine en yüksek A_0 değeri (3.8 km) PH, en düşük ise (2.0 km) AN için belirlenmiştir.

Xu ve ark. (2013) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, Hubei Eyaleti (Çin), Zhongxiang'ın ova ve tepe topraklarında besin elementlerinin yersel dağılımı coğrafi bilgi

sistemleri (CBS) ve Jeostatistik kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar; toprak besin elementlerinin yersel otokorelasyon aralıklarının çok farklı olduğunu ortaya çıkartmıştır. Ayrıca, en küçük yersel otokorelasyon aralığı 3600 m, en büyük aralık ise 77970 m olduğunu ortaya koymuştur. En uygun yarıvaryogram modeli molibden için spherical, çinko için exponential ve bakır için ise gaussian olarak belirlenmiştir.

Foroughifar ve ark. (2013) tarafından yapılan bir araştırmada, İran'ın kuzeybatısındaki Dasht-e-Tebriz'deki toprakların mikro besin içerikleri de dâhil olmak üzere farklı toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlikleri incelenmiştir. Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlikleri, Grow ve SPSS istatistiksel yazılım paketleri kullanılarak belirlenmiştir. Bölgedeki mikro besin elementlerinin mekânsal değişkenlikleri; toprak çökeltisinin, yüksek yeraltı suyunun ve pedojenez ve hidrolojik süreçlerdeki farklılıklardan etkilenmiştir. Araştırmacılara göre; bu tür analizler kullanarak, gübreleme de dahil olmak üzere uygun toprak yönetimi uygulamalarını planlamak mümkündür.

Ateş ve Turan (2015) tarafından yapılan bir çalışma, Bingöl ili Merkez ilçesindeki tarım topraklarının bazı toprak özellikleri ve verimlilik düzeylerini belirlenmiştir. Alınan örneklerde; suyla doygunluk (%), pH, toplam tuz (%), kireç (%), organik madde (%), alınabilir fosfor ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$) ve alınabilir potasyum ($\text{kg K}_2\text{O da}^{-1}$) analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, çalışma alanı topraklarının; genel olarak killi-tın bünyeli ve nötr veya nötre yakın reaksiyonlu olduğu, tuzluluk sorununun bulunmadığı, kireç içeriğinin az kireçli ile orta kireçli arasında değiştiği, organik madde miktarının ise düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. İncelenen toprakların büyük çoğunluğu; alınabilir fosfor bakımından yetersiz, alınabilir potasyum bakımından ise yeterli bulunmuştur.

Shit ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışma, Batı Bengal (Hindistan) Paschim Medinipur ilçesinin Medinipur Sadar bloğunda yapılan bir çalışmada toprak özelliklerinin mekânsal değişiklikleri jeostatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Çalışmada bayağı (ordinary) kriging (OK) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçları OK enterpolasyonun tekniğinin toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını doğrudan ortaya çıkarabileceğini ve bu çalışmadaki örnek mesafesinin enterpolasyon için yeterli olduğunu göstermiştir.

Reza ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, aluviyal taşkın yatağı topraklarının fiziksel özelliklerinin yersel dağılımı jeostatistiksel yöntemlerle

belirlenmiştir. Araştırmada, toprak özellikleri için üssel ve küresel yarıvaryogram modellerin en uygun model olduğu belirlenmiştir. Yine nugget/sill oranları, kil hariç, diğer tüm özelliklerinin orta derecede yersel bağımlılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, araştırmacılar, ürettikleri toprak özelliklerine ait dağılım haritalarının, planlamacıların çalışma alanı için değişken sulama oranını (VRI) geliştirmesine yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Reza ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışma, Bihar (Hindistan)'daki aluviyal topraklarda yapılan bir çalışmada, alüvyon taşkın yatağı topraklarının pH, organik karbon (OC), azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve çinko (Zn) içeriklerinin yersel değişkenliği incelenmiştir. Toprakların pH, OC, N, P, K ve Zn değerleri sırasıyla; 4.4 ile 8.4, %0.20 ile %1.20, 141 ile 474, 2.2 ile 68.2, 107 ile 903 kg ha⁻¹ ve 0.22 ile 1.10 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. Varyasyon katsayısının P (%94.3) için en yüksek, pH için (%11.3) için ise en düşük olduğu görülmüştür. Yine N, P ve Zn içerikleri için en uygun küresel, OC için üssel ve pH ve K için ise Gaussian modeli olduğu belirlenmiştir.

Ramzan ve Wani (2018) tarafından bir tarım çiftliğinde yapılan çalışmada toksik metaller de dâhil olmak üzere toprak mikro besin elementlerinin mekânsal değişkenliği coğrafi bilgi sistemleri ve jeostatistiksel teknikler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada, varyasyon katsayısı (CV), tüm mikro elementlerin heterojenliğinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Topraklardaki Fe, Mn, Ni, Cd ve Pb içerikleri için üstel, Cu için Gaussian ve Zn için küresel modelin en uygun yarıvaryogram modeli olduğu belirlenmiştir. Yarıvaryogramlar, tüm mikro elementler için güçlü ila zayıf derece arasında uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Çelik ve Dengiz (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, Gediz Havzası içerisinde Akselendi Ovası'nın yer aldığı taban arazilerde temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmiş ve bunların dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, tarım arazileri genel olarak kaba bir bünyeye sahip olup, bünye killi tın ile kum arasında değişmektedir. Toprakların pH değerleri çok değişkenlik göstermemekle birlikte hafif alkali karakterli, organik madde bakımından büyük bir çoğunluğu az ve orta, tuzsuz ve %56.4'ü orta kireçli topraklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca toprakların %52.4'ünde fosfor, %68.5'inde ise azot noksanlığı görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının mikro element kapsamı yönünden sadece

bakır içerikleri yeterli düzeyde iken; demir, mangan ve çinko içeriklerinde yetersizliklerin olduğu tespit edilmiştir.

Ahmad ve ark. (2018)'ı Pakistan'ın kuzeyindeki Hindukush silsilesinin tepelik bölgelerindeki seçilmiş toprakların fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiş ve özelliklerin mekânsal değişkenlik modeli ve haritalanmasını yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların bünyesi siltli tın- kumlu tın arasında değişmiştir. Toprakların reaksiyonu hafif asidik ile bazik, kireç içerikleri ise orta ile yüksek arasında değişmiştir. Topraklarda herhangi bir tuzluluk sorunu bulunmamıştır. Toprak örneklerinin yaklaşık %75'inde organik madde içeriği %2'den daha yüksek bulunmuştur. Yarıvaryogram analiz sonuçlarına göre, toprak pH'sı, kireç ve organik madde içeriklerinin güçlü; (nugget-eşik sill oranı, <%25), silt, kum, EC'nin ise orta derecede (nugget-sill oranı, %25-75) yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Doğan ve ark. (2020) tarafından Arsuz Ovasında yapılan bir çalışmada, topraklardaki mikrobiyal aktivitenin mekânsal dağılımı belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, CO₂ üretimi, DHA ve MBC içeriklerinin genel ortalama değerleri 181 µg CO₂-C gds⁻¹ gün⁻¹, 11.85 µg TPF gds⁻¹ ve 179 µg MBC-C gds olarak belirlendi. Toprak organik madde içeriği, pH ve EC değerleri ise sırasıyla 1.77, 8.65 ve 567 µS cm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Arsuz ovası topraklarındaki mikrobiyal aktivitelerin verimli topraklara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. İlk olarak, tarım ve ormansızlaşmanın bu düşük mikrobiyal faaliyetlerin ana nedenleri olduğu tahmin edilmektedir. İkinci olarak, ova ve geniş alanlar söz konusu olduğunda, ağır tarımsal faaliyetler daha düşük mikrobiyal faaliyetlerden sorumlu olabilir. Son olarak, kolüvyal etki altındaki toprakların tipi de düzensizliklere neden olabilir.

Banwasi ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Orta Hindistan'ın bazaltik alanlarda yapılan bir çalışmada, topraklardaki makro besin element içerikleri jeostatistiksel yöntemlerle haritalanmıştır. Çalışmada veriler ordinary (sıradan) kirging interpolasyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları N, P ve K için sırasıyla dairesel, küresel ve gaussian modellerinin en uygun modeller olduğunu göstermiştir. Ayrıca, tüm değişkenler güçlü uzaysal bağımlılık göstermiştir.

Sharma ve Sood (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Hindistan Himalaya Bölgesi'ndeki elma bahçelerinde yürütülen bir çalışmada, toprak özellikleri ve verimlilik parametrelerinin mekânsal değişim desenleri incelenmiştir. Çalışmada belirlenen

varyasyon katsayısı (VK) değerleri, verimlilik parametrelerinin heterojenliğinin orta ve yüksek düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Yine tüm parametrelerin güçlü ve zayıf derecede yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Sharma ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, orta Hindistan'daki siyah toprakların verimlilik ile ilgili parametreleri jeostatistiksel modelleme kullanarak incelenmiştir. Çalışmada kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonunda yarayışlı fosfor, potasyum ve kükürt için en uygun yarıvaryogram modelinin küresel, diğer parametreler için ise üssel model olduğu belirlenmiştir. Verimlilik parametreleri için oluşturulan dağılım haritalarından, alınabilir azot, fosfor, demir ve çinkonun yetersiz, yarayışlı potasyum içeriklerinin ise yüksek olduğu görülmüştür. Yine yarayışlı fosfor hariç tüm parametreler orta düzeyde mekânsal bağımlılık gösterirken, yarayışlı fosforun ise güçlü mekânsal bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir.

Tamburi ve ark. (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, Hindistan, Karnataka, Kalaburagi'deki tarım arazilerinde, rastgele alınan toplam 68 toprak örneğinin analiz edilmesi ile mikro elementlerin yersel dağılımı araştırılmıştır. Mikro elementlerin değişkenliği birbirinden farklılık göstermiştir. Nugget/sill oranlarına göre, çinko güçlü, diğer mikro besinleri ise orta derecede yersel bağımlılık göstermiştir. Dağılım haritalarının üretilmesinde ordinary (bayağı) kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Khadka ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Rajikot, Jumla (Nepal)'deki Bahçe Bitkileri Araştırma İstasyonunun toprak özelliklerinin mekânsal dağılımı değerlendirilmiştir. Toprak parametrelerinin uzaysal (yersel) dağılımının haritalanması için ArcGis 10.1. yazılımı kullanılmıştır. Toprakların kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %24.40-72.10, %19.40-63.10 ve %6.20-14.50 aralığında değişmiş olup; bünyeleri tın, kumlu tın ve siltli tın olarak belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu hafif asidik ile orta derecede bazık olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılabilir kükürt içeriğinin (0.59-2.41 mg kg⁻¹) çok düşük, kullanılabilir bor içeriğinin ise (0.04-0.87 mg kg⁻¹) ise çok düşük ile düşük düzeyde belirlenmiştir.

Parlak ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, Sakarya Geyve'de yapılan bir çalışmada, kereviz yetiştirilen aluviyal toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri, besin maddesi ve ağır metal içerikleri ile yaprak örneklerinin besin maddesi ve ağır metal içeriklerini belirlenmiştir. Kereviz topraklarının farklı bünyeli (siltli tın, killi tın, siltli kil

tın, siltli kil ve kil) olduğu, preaksiyonlarının nötr ve hafif bazik arasında değiştiği, tuzluluk sorununun olmadığı ve kireç içeriklerinin orta ve fazla düzeyde olduğu saptanmıştır. Toprakların organik madde miktarlarının %1.02 ile %5.15, toplam N içeriklerinin %0.04 ile %0.25, alınabilir P ve K içeriklerinin ise sırasıyla 9.40-242.50 mg kg⁻¹ ve 172.40-447.70 mg kg⁻¹ aralığında değiştiği tespit edilmiştir.

Sharma ve ark. (2020) tarafından Orta Hindistan'ın kara topraklarında, Jeostatistiksel yöntemlerle toprakların pH, EC, organik madde, alınabilir azot, fosfor, potasyum ve kükürt ile mikro besin elementleri (Fe, Mn, Zn ve Cu) gibi toprak verimlilik parametrelerinin yersel değişimi incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre çoğu toprak verimliliği parametreleri için yersel bağımlılık orta düzeydeyken, alınabilir fosfor için güçlü olduğu belirlenmiştir. Yine EC dışındaki tüm özellikler normal dağılım göstermiştir. Toprak özelliklerinden P, K ve S için en uygun yarıvaryogram modelinin küresel, diğer özellikler için ise üssel olduğu belirlenmiştir. Toprak özellikleri için A₀ değerleri ise 608 m ile 2902 m arasında değişmiştir.

John ve ark. (2021) tarafından Nijerya'nın güneydoğu bölgesindeki Cross River Eyaleti, Calabar'da yapılan bir çalışmada, toprak özelliklerinin dağılımının modellenmesinde kriging yöntemi ve temel bileşen analizi, kullanılmıştır. Araştırma sonuçları; alanda kum içeriğinin yüksek (>%70) olduğunu ortaya çıkarmış ve bu da kıyı ovasında gelişen nemli tropik toprakların kaba dokulu olduğunu ortaya koymuştur. Ampirik Bayesian kriging enterpolasyonu kullanılarak, çapraz doğrulama sonuçları magnezyum, potasyum, fosfor, pH ve toplam azot için kabul edilebilir bir tahmin ortaya koymuştur. Ana bileşen analizi, ana bileşen 1 ile ana bileşen 5'in, toprak özelliklerinin toplam değişkenliğinin %78.1'ini yorumlayabildiğini ortaya koymuştur.

Terefe ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, Moso bambu (*Phyllostachys pubescens* Pradelle) ormanlarında (Çin) yapılan bir çalışmada, toprak organik maddesinin (SOM), toprak organik karbonunun (SOC) ve pH'nın iki toprak katmandaki mekânsal değişkenliği bir jeostatistik model kullanarak araştırmıştır. Çalışmada ordinary kriging ve IDW (ters mesafe ağırlık) olmak üzere iki enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların pH, SOC ve SOM değerleri sırasıyla 4.6 - 4.7, 1.5 - 2.7 g kg⁻¹ ve 20.3 - 22.4 g kg⁻¹ arasında değişmiştir. Varyasyon katsayıları SOM ve SOC için %29.9 ve 43.3 iken, pH için zayıf bir değişkenlik olduğu belirlenmiştir. Yine, nugget/sill değerlerine göre pH güçlü, SOC ve SOM ise orta düzeyde yersel bağımlılık

göstermiştir. Araştırmacılar bu çalışma sonuçlarının, jeoistatistik modelleme ile ortaya çıkan toprak kimyasal özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin, karar vericilerin toprak özelliklerinin yönetimini iyileştirmesine yardımcı olacağını ileri sürmüşlerdir.

Eid ve ark. (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, sıradan (ordinary) kriging CBS tekniği kullanılarak Wadi El Rayan gölü civarındaki toprakların bazı fiziko-kimyasal parametrelerinin mekânsal ve mevsimsel dağılım haritaları oluşturulmuştur. Sonuçlar, özellikle yaz aylarında ve Wadi El-Rayan'ın Aşağı Gölü'nde bazı toprak fiziksel ve kimyasal parametrelerinin konsantrasyonlarının yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışmada sıradan kriging yöntemi kullanılarak oluşturulan mekânsal dağılım haritalarının Wadi El-Rayan sulak alanlarının toprak yönetiminde etkili bir araç olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Necef (Irak)'da yapılan bir çalışmada, toprak özelliklerinin yersel değişimi jeoistatistik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Toprakların kimyasal özelliklerinin değişkenlik aralığı 850-4560 metre arasında bulunmuştur. Toprak özellikleri için varyasyon katsayıları yüzey katmanında %2.6 – 124.7, yüzey altı katmanında ise %1.2– 143.10 arasında değişmiştir (Kahella ve Suliman, 2021).

Mondal ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın kuzeybatı kesiminde yaygın olan üç farklı kullanımında olan toprakların, organik madde içeriklerinin uzaysal değişimi jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmiştir. Organik karbonun mekânsal değişkenlik haritaları, bir alandaki yönetim bölgelerinin belirlenmesine yardımcı olan sıradan kriging (OK) tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Gaussian modeli, Berseem tabanlı arazi kullanımı altında SOC'nin mekânsal yapısını tanımlamak için en uygun model olarak belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2021) tarafından Çin'deki Pearl River Delta'nın tepelik bir bölgesinde yer alan topraklardaki bitki besin maddelerinin mekânsal dağılımı araştırılmıştır. Parametrelerin varyasyon katsayıları %47.88 ile %76.91 arasında değişmiştir. Toplam azot hariç tüm değişkenler zayıf uzaysal bağımlılık göstermiştir. Alınabilir potasyum ve toplam azotun mekânsal dağılımı genel olarak kuzeydoğudan güneybatıya doğru bir artış eğilimi göstermiştir. Yine alınabilir fosfor ve silisyum mekânsal dağılımı incelendiğinde, kuzeydoğudan güneybatıya doğru azaldığı belirlenmiştir.

Li ve ark. (2021) tarafından yapılan bir araştırmada, Guo Nehri Havzasında (Çin) yapılan bir çalışmada, bazı toprak özellikleri ve besin element içeriklerinin yersel

dağılımı incelenmiştir. Sonuçlar, toplam potasyum (TK) ve PH'nın zayıf, toprak organik maddesi, toplam karbon (SOM), toplam azot (TN) ve fosforun(TP) ise orta düzeyde varyasyona sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, toprak pH'sı, TP, TK, TC ve SOM'un, hem rastgele faktörlerin, hem de toprak dokusu, toprak tipi, gübreleme ve yerel ekolojik restorasyon yönetimi gibi yapısal faktörlerin neden olduğu orta düzeyde uzaysal değişkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Kumar ve ark. (2021) tarafından Hindistan'ın Rajasthan eyaletindeki Thar Çölü'nün sıcak ve kurak bölgelerinde yer alan topraklarda, toprak verimliliği değerlendirmesi ve haritalaması yapılmıştır. Bu amaçla alınan toprak örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik karbon (OC), mevcut fosfor (P), potasyum (K), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) analizleri yapılmıştır. Toprak analiz sonuçları, bölge genelinde OC'nun düşük, P'nin düşük ile orta, K'nın ise genellikle orta ile yüksek düzeyde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Araştırmacılar, CBS ve GPS gibi bilgi teknolojisi araçların kullanılması, gerekli girdiyi doğru yerde tam olarak kullanabileceğini, mevcut bitki besinlerinin dağılımına ilişkin konumsal verilerin/haritaların oluşturulmasına yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Gangopadhyay ve Reddy (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, jeoistatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak, doğu Hindistan'daki pirinç nadas sistemi altındaki topraktaki besin elementlerinin mekânsal değişkenliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Jeostatistiksel analiz sonuçları, Üstel modelin toprak OC ve Mn için, Gaussian modelinin N ve P için, Küresel modelin K için ve Dairesel modelin Fe ve Zn için en uygun yarıvaryogram modeli olduğunu ortaya koymuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı 36⁰48'95" - 36⁰51'29" kuzey enlemleri ile 36⁰08'45" - 36⁰10'47" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Alanın doğusunda Amanos Dağları, Batısında Akdeniz, Kuzeyinde Erzin ve Güneyinde ise Payas ilçesi bulunmakta olup yaklaşık 4000 hektarlık bir yer kaplamaktadır.

3.1.2. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Ovayı doğuda sınırlayan dağlar genellikle çam ormanı ve meşe ağaçları ile kaplıdır. Delihalil tepesinin eteklerinde ise daha çok maki türünde bitki örtüsü egemendir. Ovanın özellikle doğu kesimlerinde, narenciye üretimi ileri düzeydedir. Ovanın ortasında yer alan Haydar dağında kuru tarım yapılmaktadır. Burada soğan ve tahıl üretimi ön sırada yer almaktadır. Ovada ise birinci ürünü tahıl oluşturmaktadır. Yeraltı suyu kaynaklarından yararlanılması ile birlikte sebzeçilik, pamuk, yerbıstığı ve susam üretimi giderek yaygınlaşmıştır. Özellikle yerbıstığı ve susam ikinci ürün olarak değerlendirilmektedir (Doyuran, 1982).

3.1.3. Çalışma Alanının İklimi

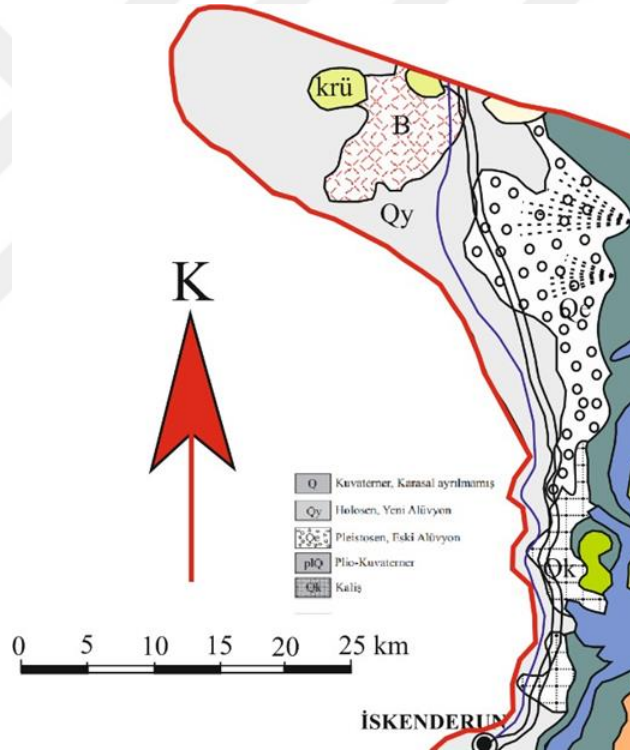
Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, bahar ve kış ayları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi hâkimdir. Çalışma alanını temsil eden bir kısım iklim verileri, çalışma alanına en yakın olan Hatay Meteoroloji İstasyonunun uzun yıllar aylık ortalama değerlerine göre hazırlanarak Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Çalışma bölgesinde kar yağışı ve don olayları çok nadir görülür. En yüksek kar kalınlığı 1972 yılında 20 cm olarak ölçülmüştür.

Çalışma alanının yer aldığı Hatay'da yıllık ortalama yağış toplamı 1161.5 mm, olup yağış rejimi düzensizdir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 18.3°C, ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında (32.0°C) olup ortalama en düşük sıcaklık ise Ocak ayında (4.7

°C) belirlenmiştir (Çizelge 3.1) (Anonim, 2022).

3.1.4. Çalışma Alanının Jeolojisi

Dört Yol ovasının büyük bir kısmını örten alüvyonlar sel suları ve akarsu çökellerinden oluşmuştur (Şekil 3.1) (Anonim, 2018). Akarsu yataklarında genellikle çakıllı ve yer yer kumlu olan alüvyonlar, ovaların diğer kısımlarında daha çok kumlu, siltli ve killi materyaller bulunmaktadır. Ovalarda alüvyon kalınlığı 10-60 m dolayındadır (Doyuran, 1982). Ovaların doğu sınırı boyunca yer alan, yaygın birikinti koni kuşağı son derece geçirimli çökellerden oluştuğu için, dağlardan ovaya akan akarsuların sularının önemli bir kısmını süzmekte ve akifleri beslemektedir (Doyuran, 1980).



Şekil 3.1. Çalışma alanının jeoloji haritası

Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1940 – 2021)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.1	9.8	13.1	17.2	21.3	24.8	27.2	27.9	25.8	20.8	14.3	9.5	18.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.1	14.4	18.1	22.6	26.6	29.2	31.1	32.0	31.0	27.4	20.2	13.7	23.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.7	5.8	8.5	12.2	16.3	20.8	23.9	24.6	21.2	15.2	9.5	6.0	14.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.4	4.6	6.0	7.4	9.2	10.7	11.1	10.4	9.2	7.0	5.0	3.3	7.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.6	10.2	11.3	7.6	5.6	2.4	1.9	2.5	3.9	7.3	7.2	13.2	86.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	198.9	168.4	142.6	102.8	81.0	31.5	16.0	17.6	42.2	76.3	99.4	184.8	1161.5

3.2. Yöntem

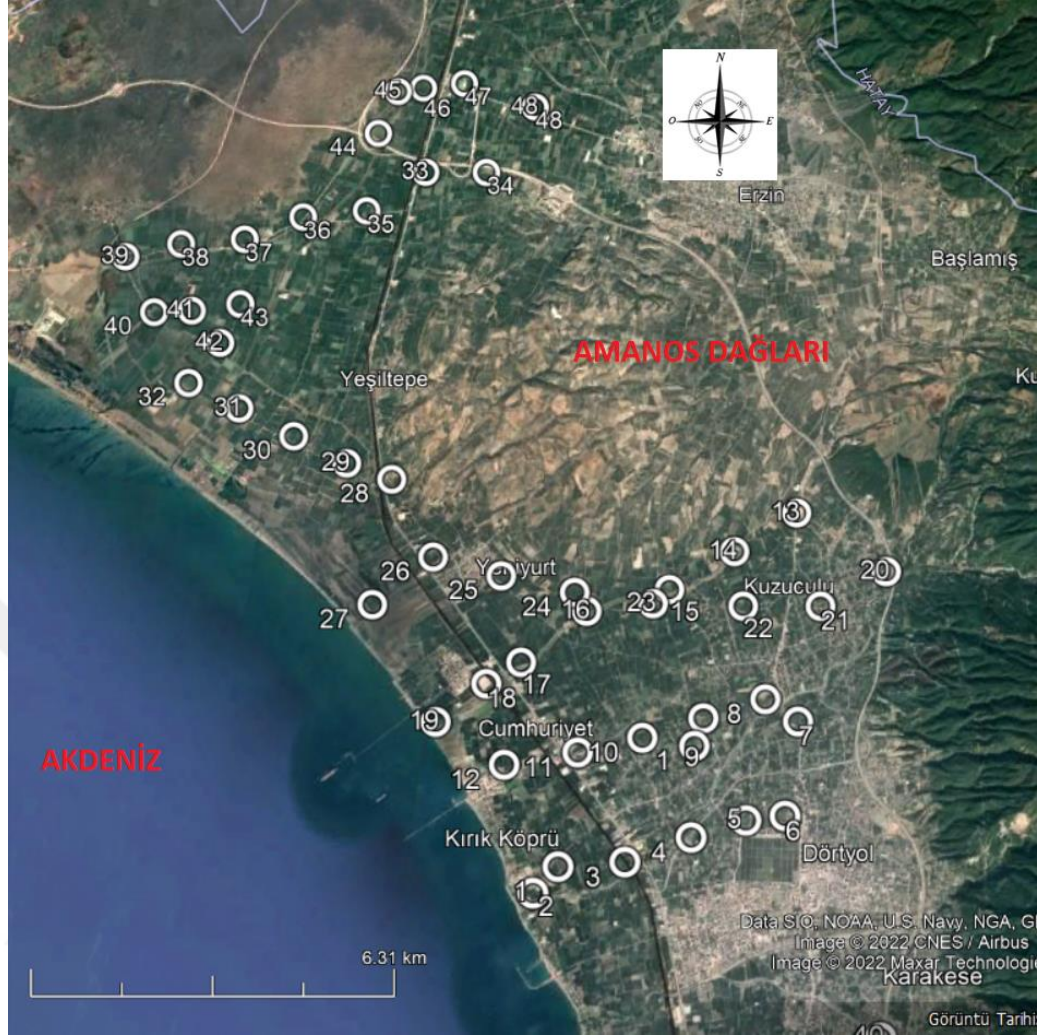
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması

Çalışma alanından, alanı temsil edecek şekilde, rastgele örnekleme yöntemine göre 0-30 cm derinlikten 48 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.2). Alınan toprak örnekleri laboratuvarında plastik tavalarda kurutulduktan sonra 2 mm çaplı elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Ayrıca, her bir örnekleme noktasının UTM sistemine göre coğrafi koordinatları (Magellan marka, explorer 710 model) GPS cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.2. Toprak Analizleri

Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), hava kuru nem içeriği, bünye, kireç, alınabilir sodyum (Na), potasyum (K), alınabilir magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca), alınabilir fosfor (P); bitkilerce alınabilir (yarayışlı) demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn), çinko (Zn) ve analizleri yapılmıştır.

Örneklerde pH tayini 1/2.5 toprak-su karışımında pH-metre, EC ölçümü ise yine 1/2.5 toprak-su karışımında EC-metre ile ölçülmüştür (Richards, 1954). Sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) analizleri amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile (Helmke ve Sparks, 1996; Suarez, 1996), organik madde Walkey-Black yaş yakma yöntemi ile (Allison, 1965), yarayışlı demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) tayinleri DTPA ekstraksiyon yöntemi ile (Lindsay ve Norwell, 1978), alınabilir fosfor içeriği Olsen ve ark. (1954)'e, kireç miktarı ise Allison ve Moode (1965)'e göre belirlenmiştir. Bünye analizi ise hidrometre yöntemine (Bouyoucos, 1951) göre yapılmıştır. Ayrıca toprak özellikleri ve besin element içerikleri; bunların kritik sınır değerleri (Çizelge 3.2) ile kıyaslanarak yeterlilik durumları yorumlanmıştır.



Şekil 3.2. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

3.2.3. İstatistiksel ve Jeostatistiksel Analizler

Bu çalışmada alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarının tanımlayıcı özellikleri (ortalama, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık, basıklık vb.) belirlenmiştir. Toprak özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermediği, çarpıklık katsayıları ve yapılan normalite testleri yorumlanarak belirlenmiştir (Paz- González ve ark., 2000). Çarpıklık katsayısı değerleri 0-0.5 arasında ise dağılımın hafif çarpık, 0.5-1.0 arasında orta düzeyde çarpık ve 1.0> ise şiddetli çarpık olduğu varsayılmıştır (Webster, 2001). İstatistik analizler Windows uyumlu SPSS 22 istatistik paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.2. Toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri için sınır değerler

Özellik	Birim	Sınır değer	Değerlendirme
pH (Ülgen ve Yurtsever, 1995)	-----	<4.5	Kuvvetli asit
		4.5 – 5.5	Orta kuvvetli asit
		5.5 – 6.5	Hafif asit
		6.5 – 7.5	Nötr
		7.5 – 8.5	Bazik
		>8.5	Alkali
Elektriksel iletkenlik (EC) (Richards, 1954)	μScm^{-1}	0-4000	Tuzsuz
		4000-8000	Hafif tuzlu
		8000-16000	Orta tuzlu
		>16000	Şiddetli tuzlu
Organik madde (Ülgen ve Yurtsever, 1995)	%	<1	Çok az
		1-2	Az
		2-3	Orta
		3-4	İyi
		>4	Yüksek
Kireç (Ülgen ve Yurtsever, 1995)	%	<1	Az kireçli
		1-5	Kireçli
		5-15	Orta kireçli
		15-25	Fazla kireçli
		>25	Çok fazla kireçli
Alınabilir fosfor (P) (Olsen ve ark., 1954)	mg kg^{-1}	<2.5	Çok az
		2.5-8.0	Az
		8.0-25.0	Yeterli
		25.0-80.0	Fazla
		>80	Çok fazla
Alınabilir potasyum (K) (FAO, 1990)	mg kg^{-1}	<50	Çok az
		50-140	Az
		140-370	Yeterli
		370-1000	Fazla
		>1000	Çok fazla
Alınabilir Kalsiyum (Ca) (FAO, 1990)	mg kg^{-1}	<238	Çok az
		238-1150	Az
		1150-3500	Yeterli
		3500-10000	Fazla
		>10000	Çok fazla
Alınabilir magnezyum (Mg) (FAO, 1990)	mg kg^{-1}	<50	Çok az
		50-160	Az
		160-480	Yeterli
		480-1500	Fazla
		>1500	Çok fazla

Çizelge 3.2. (Devamı) Toprakların verimlilik ile ilgili özellikleri için sınır değerler

Özellik	Birim	Sınır değeri	Değerlendirme
Alınabilir bakır (Cu) (DTPA) (Lindsay ve Norwell, 1978)	mg kg ⁻¹	<0.2	Az
		0.2-0.4	Orta
		0.4-0.8	Yeterli
		0.8-1.6	Yüksek
		>1.6	Çok yüksek
Alınabilir demir (Fe) (DTPA) (Lindsay ve Norwell, 1978)	mg kg ⁻¹	<4.5	Az
		4.5-9.0	Orta
		9.0-18.0	Yeterli
		18.0-27.0	Yüksek
		>27.0	Çok yüksek
Alınabilir mangan (Mn) (DTPA) (Lindsay ve Norwell, 1978)	mg kg ⁻¹	<2.5	Az
		2.5-3.5	Orta
		3.5-7.0	Yeterli
		>7.0	Yüksek
Alınabilir çinko (Zn) (DTPA) (Lindsay ve Norwell 1978)	mg kg ⁻¹	<0.6	Az
		0.6-1.2	Orta
		1.2-2.4	Yeterli
		>2.4	Yüksek

Young ve ark. (1999)'a göre; toprak değişkenlerinin normal dağılım göstermesi uygulanacak istatistiksel teknikler açısından büyük önem taşımaktadır. Klasik istatistiksel teknikler (örneğin Anova testi), önem testleri ve güven sınırlarının hesaplanması; dağılımların normal olduğu varsayımı ile yapılmakta ve sonuçların kabulü bu koşullarda sağlanmaktadır. Dağılım normal olmadığında parametrik olmayan testlerin yapılması tavsiye edilmektedir (Gürel, 2020). Bu nedenle, normalite analizi uygulanarak toprak değişkenlerinin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir (SPSS 2000). Normalite testine ait sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir. Toplam 17 adet parametreden sadece pH, kum ve kil içerikleri normal dağılım göstermiştir (Çizelge 3.3).

Topraklar ile ilgili parametrelerin mekânsal dağılımının modellenmesinde, Jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Mulla ve McBratney, 2000). Jeostatistik analizler Windows uyumlu GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket programı ile yapılmıştır (Gamma design, 2008). Toprak özelliklerinin mekânsal dağılım haritalarının oluşturulmasında ise coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılmıştır. Bu kapsamda her bir toprak özelliğinin dağılım haritaları ArcGis 10.6.1. programı ile oluşturulmuştur (Töreay ve ark., 2010). Bu programda herhangi bir toprak özelliğinin örneklenen noktalardaki değerleri kullanılarak araştırma alanında örneklenmeyen noktalarda tahminler yapmak için ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Toprak özelliklerine ait normalite test sonuçları

Parametre	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Örnek Sayısı	P	İstatistik	Örnek Sayısı	P+
pH	0.067	48	0.200	0.981	48	0.622*
EC	0.142	48	0.017	0.785	48	0.000
Kireç	0.148	48	0.010	0.904	48	0.001
Organik Madde	0.229	48	0.000	0.760	48	0.000
Nem	0.124	48	0.061	0.944	48	0.024
Kum	0.101	48	0.200	0.970	48	0.258*
Silt	0.139	48	0.022	0.948	48	0.033
Kil	0.092	48	0.200	0.974	48	0.363*
Na	0.140	48	0.019	0.905	48	0.001
K	0.233	48	0.000	0.512	48	0.000
Ca	0.161	48	0.003	0.911	48	0.002
Mg	0.169	48	0.002	0.913	48	0.002
P	0.218	48	0.000	0.784	48	0.000
Fe	0.087	48	0.200	0.941	48	0.017
Cu	0.242	48	0.000	0.749	48	0.000
Mn	0.164	48	0.002	0.900	48	0.001
Zn	0.118	48	0.094	0.906	48	0.001

⁺ P> 0.05 normal dağılım gösteren veriler, p < 0.05 normal dağılım göstermeyen veriler

Kriging yöntemi yersel olarak birbirleri ile bağımlı olan verilerin tahmin haritalarının oluşturulmasında en iyi doğrusal yansız tahmin edici bir yöntem olarak bilinmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989; Webster ve Oliver, 2001).

Verimlilik ile ilgili toprak özelliklerinin yersel bağımlılıklarının değerlendirilmesinde nugget yarıvaryansın (Co) toplam varyans (Co+C)'a olan oransal yüzdesi kıstas olarak kullanılmıştır. Hesaplanan bu oran %25 veya daha düşük ise

özelliklerdeki yersel bağımlılık kuvvetli, %25-75 arasında ise orta ve %75'den büyük ise zayıf olarak değerlendirilmiştir (Cambardella ve ark., 1994).

Ayrıca parametrelerin varyasyon katsayılarının değerlendirilmesinde Zhou ve ark. (2010) kıstasları kullanılmıştır. Bu kıstaslara göre varyasyon katsayısı %10'dan düşük ise değişkenlik düzeyi düşük, %10-100 arasında ise değişkenlik düzeyi orta ve %100'den büyük ise değişkenlik düzeyi yüksektir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Alanı Topraklarının Temel Özellikleri

Çalışma alanı topraklarının temel özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Toprak örneklerine ait pH analiz değerleri 7.20 (13 nolu örnek) ile 7.78 (35 nolu örnek) arasında ve ortalama değeri ise 7.52 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının pH değerlerine sınıflandırıldığında; %45’i nötr, %55’inin ise bazik karakterli olduğu belirlenmiştir. Karakaya (2022) tarafından Sarıseki ve Dört Yol arasında yapılan çalışmada da pH değerleri açısından benzer sonuçlar bulunmuştur.

Topraklarda elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise $99 \mu\text{S cm}^{-1}$ (37 nolu örnek) ile $997 \mu\text{S cm}^{-1}$ (25 nolu örnek) arasında ve ortalama EC değeri $274 \mu\text{S cm}^{-1}$ olduğu belirlenmiş olup; tüm toprakların tuzsuz sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Everest ve ark. (2018)’nin Çanakkale’nin Ezine İlçesinde yaptıkları araştırmada bütün arazilerde EC değerleri $4000 \mu\text{S cm}^{-1}$ değerinden daha düşük bulunmuştur. Yine, Erdal ve ark. (2018)’nin Burdur’da yaptığı çalışmada EC değerlerinin tamamını $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$ altında olduğu ve tuzluluk sorunu bulunmadığını saptanmışlardır. Parlak ve ark. (2008) Eceabat (Çanakkale)’ta yaptıkları bir çalışmada; toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini 270 ile $980 \mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve ortalama $490 \mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, bu değerlerin topraklarda tuzluluk yönünden herhangi bir sorun oluşturmadığını belirtmişlerdir. Bayar ve ark. (2019), Kırşehir topraklarında tuz içeriğinin 0.007 - 0.047 arasında değiştiğini ve alanın tamamının tuzsuz olduğunu saptamışlardır. Buna karşın, Çetin ve Eraslan (2015) tarafından Afyonkarahisar’ın Dinar ilçesinin patates ekim alanlarında yapılan bir çalışmada, toprakların %30’unun tuzsuz, %67.15’inin az tuzlu ve %2.85’inin orta tuzlu olduğu belirlenmiştir.

Araştırma konusu toprakların kireç içerik değerleri 0.57 (5 nolu örnek) ile 13.17 (35 nolu örnek) arasında değişmiş olup, ortalama değer 5.43 olarak saptanmıştır. Çalışma alanı topraklarının kireç içerikleri sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde; 4.16 ’sının az kireçli, 52.08 ’nin kireçli ve 43.75 ’nin orta kireçli olduğu saptanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada ise Bingöl ili Merkez topraklarının kireç içerikleri 0.7 - 9.2 arasında değiştiği saptanmıştır (Ateş ve Turan, 2015).

Çizelge 4.1 Araştırma konusu toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek no	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Kireç (%)	OM (%)	Nem %	Tane irilik dağılımı (%)			Bünye sınıfı
						Kum	Silt	Kil	
1	7.65	308	1.58	2.06	4.91	24.9	34.3	40.8	Kil
2	7.43	313	1.68	1.58	3.50	26.6	34.4	38.9	Killi Tın
3	7.5	247	11.28	0.55	1.50	56.5	24.4	19.2	Kumlu Tın
4	7.4	203	1.72	2.93	3.99	47.1	25.0	28.0	Kumlu Killi Tın
5	7.35	288	0.57	0.77	1.85	46.1	27.8	26.1	Kumlu Killi Tın
6	7.53	146	1.24	2.59	3.07	43.4	26.8	29.8	Killi Tın
7	7.36	169	3.01	2.51	3.58	32.8	38.6	28.6	Killi Tın
8	7.47	121	5.43	1.15	2.92	41.5	30.9	27.7	Killi Tın
9	7.22	418	5.03	1.36	2.65	12.9	47.2	39.9	Siltli Killi Tın
10	7.42	254	4.56	1.11	2.44	23.3	41.0	35.7	Killi Tın
11	7.43	189	4.16	3.31	3.31	51.6	20.7	27.8	Kumlu Killi Tın
12	7.36	321	3.76	1.68	2.88	27.1	39.1	33.8	Killi Tın
13	7.20	496	4.18	8.95	6.02	41.8	25.4	32.7	Killi Tın
14	7.73	215	2.08	1.96	5.73	25.1	23.3	51.7	Kil
15	7.43	204	2.18	3.14	5.11	23.4	31.5	45.1	Kil
16	7.53	466	2.03	2.39	4.25	36.5	25.0	38.4	Killi Tın
17	7.53	249	3.5	1.82	4.36	34.4	23.0	42.7	Kil
18	7.43	281	2.09	6.83	7.30	17.7	30.0	52.3	Kil
19	7.63	207	11.43	2.65	4.89	19.5	24.4	56.1	Kil
20	7.53	254	2.33	3.89	5.35	21.3	28.7	50.0	Kil
21	7.48	203	3.29	4.92	4.69	44.8	22.3	32.9	Killi Tın
22	7.38	422	1.05	2.75	6.02	31.4	26.8	41.8	Kil
23	7.62	165	2.02	1.96	6.70	20.3	29.1	50.6	Kil
24	7.57	281	3.65	2.74	9.48	16.0	19.7	64.3	Kil
25	7.35	997	12.29	1.53	6.54	20.4	31.2	48.4	Kil
26	7.51	381	11.85	7.38	7.14	22.1	27.9	50.1	Kil
27	7.74	242	7.36	2.54	8.81	25.2	15.8	58.9	Kil
28	7.51	322	11.94	3.08	6.97	20.1	22.8	57.2	Kil
29	7.48	401	2.5	1.64	2.99	29.8	39.1	31.1	Killi Tın
30	7.61	348	7.33	2.07	2.61	13.1	51.3	35.6	Siltli Killi Tın
31	7.74	184	10.76	3.35	5.78	6.2	42.3	51.5	Siltli Kil
32	7.40	405	3.85	3.01	3.35	42.0	24.8	33.2	Killi Tın
33	7.50	252	1.96	3.05	2.38	40.5	30.7	28.8	Killi Tın
34	7.67	121	6.68	2.58	2.38	42.5	30.7	26.8	Tın
35	7.78	152	13.17	1.55	1.34	16.2	56.7	27.1	Siltli Killi Tın

Çizelge 4.1. (Devamı) Araştırma konusu toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek no	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Kireç (%)	OM (%)	Nem (%)	Tane irilik dağılımı (%)			Bünye sınıfı
36	7.62	212	11.98	2.59	3.58	8.1	47.6	44.3	Siltli Kil
37	7.59	99	7.97	1.99	3.11	31.8	37.1	31.1	Killi Tın
38	7.57	348	9.9	2.22	4.10	10.3	47.9	41.8	Siltli kil
39	7.74	234	9.34	2.13	3.99	16.1	42.2	41.8	Siltli kil
40	7.53	258	6.12	3.16	4.98	21.6	34.2	44.3	Kil
41	7.55	286	7.2	2.96	5.20	6.7	44.2	49.1	Siltli Kil
42	7.76	117	4.21	1.29	2.52	54.2	23.1	22.7	Kumlu Killi Tın
43	7.64	133	0.65	1.96	2.44	48.0	27.2	24.7	Kumlu Killi Tın
44	7.65	130	4.78	1.78	3.69	14.2	48.3	37.5	Siltli Killi Tın
45	7.48	174	9.38	2.51	4.76	7.1	42.5	50.5	Siltli Kil
46	7.54	151	6.36	2.61	3.33	31.1	35.7	33.2	Killi Tın
47	7.29	450	1.54	2.89	3.35	16.6	48.1	35.3	Siltli Killi Tın
48	7.38	315	7.54	2.32	2.86	0.5	54.1	45.4	Siltli Kil
EK	7.20	99.00	0.57	0.55	1.34	0.50	15.80	19.20	
EY	7.78	997.00	13.17	8.95	9.48	56.50	56.70	64.30	
Ort.	7.52	273.58	5.43	2.66	4.27	27.30	33.44	39.28	
SS	0.14	147.11	3.76	1.56	1.84	14.09	10.08	10.67	
VK	1.86	53.77	69.24	58.65	43.1	51.61	30.15	27.16	
Çar.	-0.07	2.66	0.63	2.35	0.85	0.27	0.54	0.29	
Bas.	-0.34	11.52	-0.89	6.73	0.46	-0.79	-0.65	-0.71	

OM: organik madde, EK: en küçük değer, EY: en yüksek değer, Ort.: ortalama değer, SS: standart sapma, VK: varyasyon katsayısı, Çar. : çarpıklık katsayısı, Bas. : basıklık katsayısı

Çalışma alanındaki toprakların organik madde içerikleri %0.55 (3 nolu örnek) ile %8.95 (13 nolu örnek) arasında değişmiş olup, ortalama değeri %2.66 olarak saptanmıştır. Sınır değerlerine göre (Çizelge 3.2) organik madde içerikleri incelendiğinde; toprakların %4.16'sı çok az, %31.25'i az, %39.58'i orta, %16.67'si iyi ve %8.33'ü ise yüksek miktarda organik madde içerdiği tespit edilmiştir. Everest ve ark. (2018)'nin Ezine'de yaptıkları çalışmada ise organik madde içerikleri toprakların %5.41'inde çok az, %43.24'ünde az, %45.95'inde orta ve %5.41'inde ise iyi düzeyde saptanmıştır.

Toprakların tane irilik dağılımları incelendiğinde; kum içeriklerinin %0.5 (48 nolu örnek) ile %56.5 (3 nolu örnek), silt içeriklerinin %15.8 (27 nolu örnek) ile %56.7 (35 nolu örnek), kil içeriklerinin ise %19.2 (3 nolu örnek) ile %64.3 (24 nolu örnek) arasında değiştiği görülmektedir. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Özyazıcı ve ark. (2016), yaptıkları araştırmada tarım topraklarının kum içeriklerini %1.61-91.98 arasında değişmekte olduğunu görmüşlerdir. Saygın ve ark. (2017) ise, Çataklı Çayı havzasında

yaptıkları bir araştırmada, 0-30 cm toprak katmanında kum içeriğinin %28.4-77.6 ve silt içeriğinin %14.7-34.7 arasında; yüzey altı (30-60 cm) katmanında ise kum içeriğinin %41.1-81.1 ve %silt içeriğinin 12.0-34.0 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Toprakların nem içerikleri ise %1.34 (35 nolu örnek) ile %9.48 (24 nolu örnek) arasında değişmiştir (Çizelge 4.1).

Aritmetik ortalama verilerin dağılımın değerlendirilmesinde tek başına bir ölçüt olarak yeterli değildir. Ortalama ile birlikte standart sapma, varyans, basıklık, çarpıklık ve varyasyon katsayısının da hesaplanarak değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Özden ve ark. (2020)'a göre çarpıklık normal dağılım simetrikliğinin bozulma derecesi olarak bilinmektedir. Bunun yanı sıra araştırmalarda standart sapma ile varyasyon katsayısı değerleri aynı birim olduğundan genellikle standart sapma değerleri kullanılmaktadır. Standart sapma değeri ne kadar yüksek ise verilerin arasındaki değerlerinde yüksek değişkenlikte olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, farklı özelliklere ilişkin değişkenliğin kıyaslanmasında standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranlanması ile hesaplanan varyasyon katsayısının (VK) kullanılması daha mantıklı sonuçlar vermektedir (Gürel, 2020).

Bu çalışmada toprakların temel özellikleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) değeri en düşük olanın pH (%1.86) en yüksek olanın ise kireç miktarı (%69.24) olduğu belirlenmiştir. Kireç içeriğini %58.65 ile OM değerlerinin izlediği görülmektedir. Parametrelerin VK değerleri ne kadar küçükse, o özelliğin araştırma alanındaki dağılımı da o kadar homojen; ne kadar büyükse, araştırılan özelliğin heterojen yapı göstererek üniform dağılım göstermediği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada en düşük VK değerinin pH değerlerinde olması, çalışma alanının pH değerleri açısından homojen bir dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Budak ve ark. (2018), Dicle havzasında yaptıkları çalışmada benzer şekilde en fazla homojenliğin pH (%VK= 3.9) değerlerinde olduğu saptanmıştır. Kars ve Ekberli, (2019)'nin Çarşamba Ovasında yaptıkları çalışmada ise silt değerleri değerlerinin homojen dağıldığı saptanmıştır.

4.2. Toprakların Element İçerikleri

Bu çalışmaya konu toprakların bazı element içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çalışma alanı toprakların Na içerikleri 3.07 mg kg⁻¹ (43 nolu örnek) ile 56.78 mg kg⁻¹ (26 nolu örnek) arasında değişmiş olup ortalama Na değeri

22.35 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Toprakların alınabilir K içerikleri 12.18 mg kg⁻¹ (3 nolu örnek) ile 1563.1 mg kg⁻¹ (26 nolu örnek) arasında değişiklik göstermiş olup; ortalama K değeri 187.30 mg kg⁻¹'dir (Çizelge 4.2). Alınabilir K içeriklerinin sınır değerlerle (Çizelge 3.2) kıyaslanması sonucunda; K değerlerinin toprakların %8.33'ünde çok az, %41.67'sinde az, %43.75'inde yeterli ve %4.17'sinde fazla, %2.08'inde ise çok fazla olduğu saptanmıştır. Erdal ve ark. (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 522.5 mg kg⁻¹ (5 nolu örnek) ile 4363.3 mg kg⁻¹ (19 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama Ca değerinin ise 2321.60 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Everest ve ark. (2018)'nin yaptıkları çalışmada, toprakların kalsiyum miktarı 113.05-11505 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 5047.41 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur. Sınır değerlerine (Çizelge 3.2) göre kalsiyum; toprakların %4.16'sında az, %83.33'ünde yeterli ve %12.5'inde ise fazla olduğu tespit edilmiştir.

Toprakların Mg içeriklerinin 473.7 mg kg⁻¹ (42 nolu örnek) ile 3278.8 (27 nolu örnek) arasında ve ortalama olarak ise 1369.62 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarında bitkiye yararlı Mg içerikleri; toprakların %2.08'inde yeterli, %62.5'inde fazla ve %35.41'inde çok fazla olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2). Erdal ve ark. (2018) bu konuda yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Özkan ve ark. (2009) Antalya'da elma yetiştirilen topraklarda, değişebilir Mg içeriğinin 155-2280 ppm arasında değiştiğini ve toprakların tümünün iyi düzeyde alınabilir Mg'a sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yağmur ve Okur (2018) Salihli'deki bağ topraklarında yaptıkları bir araştırmada, toprakların magnezyum içeriğinin 150–225 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çizelge 4.2 Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içerikleri

Örnek no	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)								
1	51.41	92.32	1457.2	902.2	16.20	13.5	3.8	198.2	4.5
2	16.56	145.93	1581.5	655.8	31.10	22.9	5.3	175.2	7.8
3	29.44	12.18	2366	657.9	2.80	8.8	2.6	9.4	3.0
4	12.48	212.15	1901	526.2	13.00	19.7	1.2	200.9	6.6
5	11.20	37.69	522.5	820.6	7.00	26.2	2.5	105.0	7.0
6	14.43	60.81	2237.7	1056.5	14.10	29.0	7.0	245.4	8.9
7	15.54	284.86	2890	1038.9	35.50	26.9	2.6	321.2	13.1
8	12.35	67.93	2141.8	873.4	30.10	21.9	1.9	164.6	8.6
9	17.45	61.59	1536.6	753.0	24.60	27.9	2.4	134.9	6.3
10	15.37	96.29	1465.9	1183.2	29.10	25.3	8.0	128.8	3.4
11	13.43	74.38	1937	722.6	30.20	27.2	3.7	124.1	7.5
12	19.55	287.04	2261.3	947.3	34.40	16.2	4.1	144.2	9.0
13	23.32	127.23	2520.1	1688.7	97.70	42.3	3.3	320.9	13.8
14	15.86	168.11	1654.7	1140.2	6.70	15.7	2.3	180.7	2.3
15	17.87	317.43	1899.3	1157.5	36.80	19.4	6.3	200.6	10.9
16	11.47	321.1	1941.2	937.4	57.70	22.6	13.1	130.5	6.7
17	25.05	172.2	2519.3	2179.5	24.60	20.9	3.9	92.5	11.1
18	50.43	318.67	2445.3	2394.8	115.50	21.3	15.7	251.9	11.6
19	43	98.59	4363.3	2511	11.10	40.7	1.7	176.0	2.5
20	17.91	409.82	2473.7	2035.6	28.30	28.3	4.5	144.8	12.0
21	19.89	343.38	2617.3	1251.9	32.00	21.7	2.1	254.8	12.1
22	21.2	255.51	2000.6	1637.2	58.10	16.0	9.5	97.3	10.0
23	11.74	185.66	1721.1	1752.2	22.10	17.8	4.5	107.8	13.5
24	30.65	371.14	3766.1	2408.6	53.40	19.6	23.9	115.5	4.6
25	34.09	253.57	4283.0	1957.8	24.60	24.0	3.8	100.8	4.1
26	56.78	1563.1	4328.3	2584.1	133.60	34.4	4.1	332.2	14.1
27	50.05	187.16	4352.6	3278.8	37.40	30.9	2.2	118.7	5.6
28	28.88	256.74	2424	2184.4	2.40	17.7	2.0	134.5	2.3
29	6.18	167.87	2253.3	1330	13.60	9.8	4.3	52.1	22.7
30	42.07	60.54	2615.4	1946.4	10.50	10.2	2.1	62.7	3.0
31	39.14	75.1	3702.1	2456.5	11.60	43.5	4.4	126.2	19.4
32	21.7	201.53	2114.5	1262.9	86.30	37.1	2.7	83.6	18.0
33	8.19	98.28	1469.1	727.3	16.60	18.3	2.5	65.5	20.4
34	4.1	117.73	1987.1	783.2	27.70	20.2	7.3	109.1	10.4
35	4.05	39.52	2241.6	974.3	10.80	15.5	2.6	46.1	3.2
36	7.25	189.56	2249.8	1301.2	23.20	16.0	7.1	90.2	8.5
37	6.19	70.12	2219.0	737.3	3.00	12.2	12.1	86.6	6.3
38	36.44	166.56	3497.8	1910.3	12.90	24.2	3.4	54.6	5.7
39	43.68	58.24	3327.8	2175.5	5.50	15.3	1.7	88.6	3.4
40	23.09	237.25	1966.2	1280.3	28.90	16.3	3.0	97.7	9.1
41	24.2	77.85	1989.3	2109.8	38.50	20.1	6.0	74.4	5.3

Çizelge 4.2. (Devamı) Araştırma konusu toprakların bazı besin elementi içerikleri

Örnek no	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)								
42	6.15	47.16	1676.2	473.7	3.50	9.6	0.8	45.3	3.9
43	3.07	111.66	948.6	599.9	68.60	10.1	13.8	43.0	17.8
44	9.33	94.36	1743.1	702.6	12.05	27.7	1.9	55.7	4.5
45	13.62	151.9	2677.6	1113.3	15.62	13.5	1.8	99.1	4.2
46	9.3	86.79	2256.7	504.2	25.56	18.2	8.8	77.1	4.0
47	54.77	79.58	1245.3	1042.2	14.38	13.6	5.9	83.7	8.8
48	22.63	76.12	1647.8	1073.4	28.33	23.3	4.5	111.7	5.0
EK	3.07	12.18	522.5	473.7	2.40	8.80	0.80	9.40	2.30
EY	56.78	1563.1	4363.3	3278.8	133.60	43.50	23.90	332.20	22.70
Ort.	22.34	187.30	2321.6	1369.6	30.57	21.53	5.10	130.51	8.47
SS	14.81	226.35	877.5	687.0	28.48	8.44	4.40	75.22	5.13
VK	66.29	120.85	37.80	50.16	93.16	39.20	86.44	57.64	60.57
Çar.	0.87	4.97	0.87	0.77	2.01	0.85	2.33	1.15	1.02
Bas.	-0.23	29.89	0.68	-0.29	4.25	0.55	6.62	1.01	0.48

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

Çalışma alanı topraklarındaki P içeriklerinin 2.40 mg kg⁻¹ (28 nolu örnekler) ile 133.60 mg kg⁻¹ (26 nolu örnek) değiştiği, ortalama değer ise 30.03 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde P içerikleri; toprakların %2.08’inde çok az, %12.5’inde az, %37.5’inde yeterli, %39.58’inde fazla ve %8.33’ünde çok fazla olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Erdal ve ark. (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 içeriklerinin 8.8 mg kg⁻¹ (3 nolu örnek) ile 43.5 (31 nolu örnek) arasında (Çizelge 4.2) değişmiştir. Çalışma alanı topraklarının Fe içeriği ortalamasının ise 21.5 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Toprakların Fe içeriği standart değerlere (Çizelge 3.2) göre değerlendirildiğine; Fe miktarı toprakların %2.08’inde orta, %35.41’inde yeterli, %39.58’inde yüksek ve %22.92’sinde çok yüksek düzeye sahiptir. Özden ve ark. (2020) tarafından İzmir’de yapılan çalışmada; Fe miktarı 2.04-269.70 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve toprakların %90.84’ünde Fe’in yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma bölgesinde bitkiye yararlı Cu içeriklerinin 0.8 mg kg⁻¹ (42 nolu örnek) ile 23.9 mg kg⁻¹ (24 nolu örnek) arasında olduğu (Çizelge 4.2) görülmektedir. Topraklarının ortalama Cu içeriği ise 5.1 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Cu içeriği toprakların; %2.08’inde orta, %35.42’sinde yeterli %39.58’inde yüksek ve %22.92’inde çok yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.2). Benzer şekilde,

Everest ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada, alanın tamamında yeterli miktarda Cu ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) içerdiği bulunmuştur. Saygın ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada ise yüzey topraklarının ortalama Cu miktarının 1.04 mg kg^{-1} ; yüzey altı topraklarında ise Cu içeriğinin $0.46\text{-}3.52 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiği tespit etmişlerdir.

Çalışma alanındaki Mn içerikleri 9.4 mg kg^{-1} (3 nolu örnek) ile 332.2 mg kg^{-1} (26 nolu örnek) arasında değişmiş olup; tüm alanın ortalamasının $130.50 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Alanın tamamında Mn içeriğinin yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Özden ve ark. (2020)'nin yaptıkları araştırma sonuçlarına göre; ekstrakte edilebilir Mn miktarı $2.20\text{-}299.60 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %96.61'inde Mn'nin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Bitkiye yararlı Zn içerikleri 2.3 mg kg^{-1} (28 nolu örnek) ile 22.7 mg kg^{-1} (29 notlu örnek) arasında değiştiği ve çalışma alanının ortalama Zn içeriğinin ise 8.5 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Sınır değerleri (Çizelge 3.2) ile kıyaslandığında; toprakların %4.16'sının Zn yönünden yeterli, %95.84'ünün ise yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Özden ve ark. (2020)'nin benzer konuda yaptıkları çalışmada Zn miktarı $0.07\text{-}19.14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %44.42'sinde Zn'nin orta düzeyde olduğu saptanmıştır.

Toprakların besin elementleri içerisinde varyasyon katsayısı (VK) en düşük olanı Ca (%37.80) iken, en yüksek VK değeri ise potasyum değerlerinde (%120.85) belirlenmiştir. Bu durum besin elementleri içerisinde en çok homojen dağılım gösterenin CAO; en az homojenlik gösterenin ise K olduğunu göstermektedir. Bu durum çarpıklık değerlerini de açıklamaktadır. Çarpıklık değerleri ne kadar küçük çıkarsa araştırma alanındaki dağılımın da o kadar homojen olduğu anlaşılmaktadır. VK değeri yüksek olan potasyum içeriğinin aynı zamanda çarpıklık değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir.

4.3. Toprak Özellikleri ve Besin Element İçeriklerinin Yersel Dağılımının Modellenmesi ve Haritalanması

Topraklar ile ilgili parametrelerin mekânsal dağılımının modellenmesi Windows uyumlu GS⁺ (sürüm 10) Jeostatistik paket programı ile yapılmıştır. Bu program ile her bir parametrenin yarıvaryogram grafiği oluşturulmuş ve bu grafiğin parametreleri belirlenmiştir. Sonra belirlenen bu yarıvaryogram parametreleri kullanılarak bir CBS

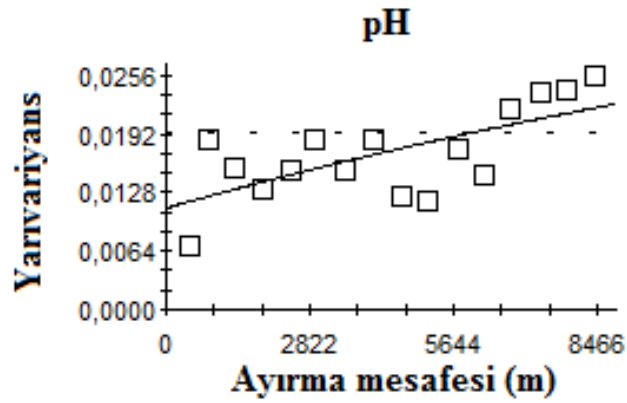
programı olan ArcGis 10.6.1 programı ile her bir toprak özelliği ve besin element içeriğinin çalışma alanındaki dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu programda haritalar oluşturulurken ordinary kriging enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Her bir toprak özelliği ve besin element içeriklerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması aşağıda açıklanmıştır.

4.3.1. pH

Toprakların pH içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin oldukça düşük (-0.07) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların pH değerleri için uygun yarıvaryogram modelinin belirlenmesi amacıyla, aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.1) olarak uygulanmıştır. Ayırma mesafeleri ise eşit (üniform) şekilde 543 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye alınmıştır.

Toprak pH'sı için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1. Çizelge 4.3). Toprakların pH değerleri için yersel otokorelasyon aralığı (A_0 değeri) 21100 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Isaaks ve Sriastava, (1989)'a göre; jeostatistikte A_0 (range) değeri; herhangi bir değişken için uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum mesafeyi belirtmektedir. Bogunovic ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada Doğu Hırvatistan'daki ekili alanların pH ve diğer parametrelerde tek değişkenli ve çok değişkenli yöntemler kullanılarak mekânsal değişkenliği incelenmişlerdir.

Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinde, nugget/sill oranına göre, yersel bağımlılığın kuvvetli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Reza ve ark. (2012) yaptıkları araştırmada da pH değerlerinin güçlü yersel bağımlılık (nugget/sill = %19) gösterdiği belirlenmiştir

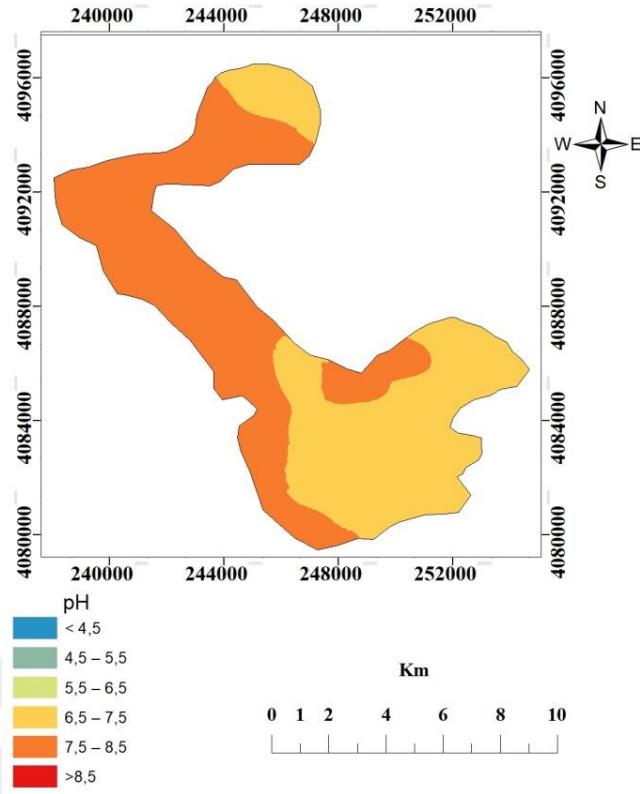


Şekil 4.1. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Çizelge 4.3. Toprakların pH değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
pH	Üssel	21100	0.011	0.044	25	0.459

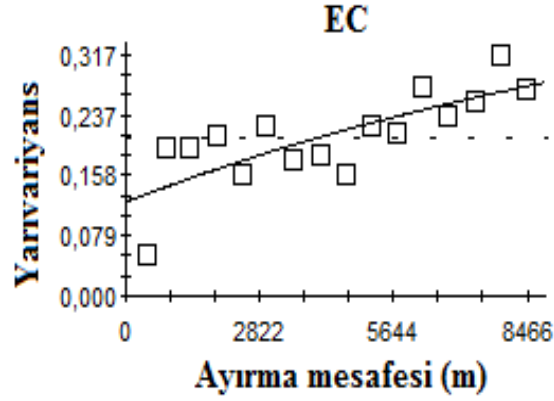
Araştırma alanında en çok karşılaşılan pH değerleri 7.50 ve 8.50 arasında değişmektedir. Toprakların reaksiyonu incelendiğinde, kuzey ve güneydoğu kısımlarında nötr, orta ve batı kesimlerinde ise bazik karakterde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Toprakların pH değerlerinin yersel dağılım haritası

4.3.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Toprakların EC değerlerinin, çarpıklık değerlerinin oldukça yüksek (2.66) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermemesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların EC değerleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.3), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 545 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca, en uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların EC değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.3'de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Toprakların EC değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

EC değerleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3., Çizelge 4.4). Mondal ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada da; EC değerleri için en uygun modelin Exponential (Üssel) olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma alanı topraklarının EC değerleri için A_0 değeri 14090 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

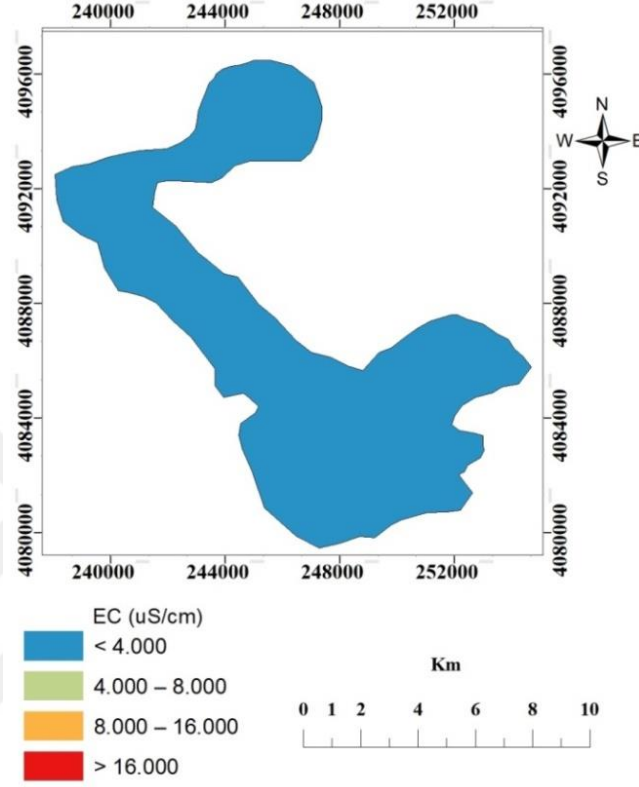
Nugget/sill oranını göre, EC değerlerine ait yersel bağımlılığın orta düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Benzer şekilde Doğan ve ark. (2020) Hatay Arsuz'da yapılan çalışmada da EC değerlerinin yersel bağımlılığının orta seviyede olduğu bulunmuştur. Buna karşın, Shit ve ark. (2016) Batı Hindistan'daki Paschim Medinipur Bölgesinin Medinipur Sadar Bloğunda yaptıkları çalışmada ise; EC değerleri kuvvetli yersel bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.4. EC değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C0)	Sill (C0+C)	(C0)/ (C0+C)*100	r ²
EC	Üsse	14090	0.1240	0.46	26.95	0.580

Çalışma alanı topraklarında EC dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.4), tamamının tuzsuz olduğu ($EC < 4000 \mu S cm^{-1}$) görülmektedir. Yağanoğlu ve Aydın (2017), Erzurum Hınıs'da yaptıkları çalışmada, alana ait toprak örneklerinin EC değerlerinin $310 - 810 \mu S cm^{-1}$ arasında değiştiği, ortalama EC değerinin ise $0.45 \mu S cm^{-1}$ olduğu ve toprakların

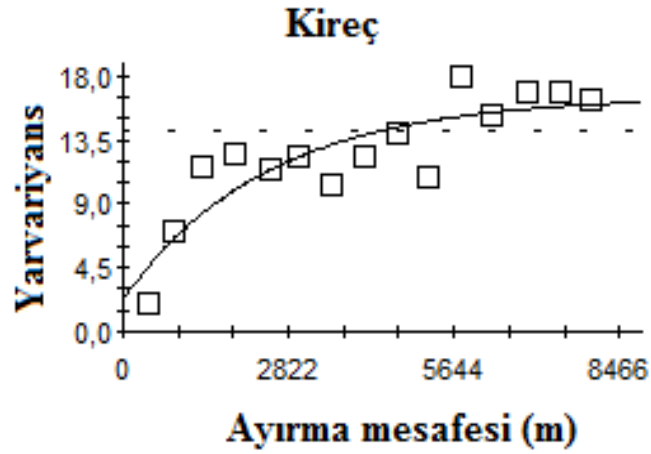
tamamının tuzsuz olduğunu tespit etmişlerdir. Yine, Taşkın ve ark. (2018) tarafından Ankara Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarında yapılan bir çalışmada toprakların tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Toprakların EC değerlerinin dağılım haritası

4.3.3. Kireç

Toprakların kireç içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin düşük değere yakın (0.63) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların kireç içerikleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.5), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 551 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Toprakların kireç değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.5.'de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.5.'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Toprakların kireç miktarlarına ait yarivaryogram grafiği

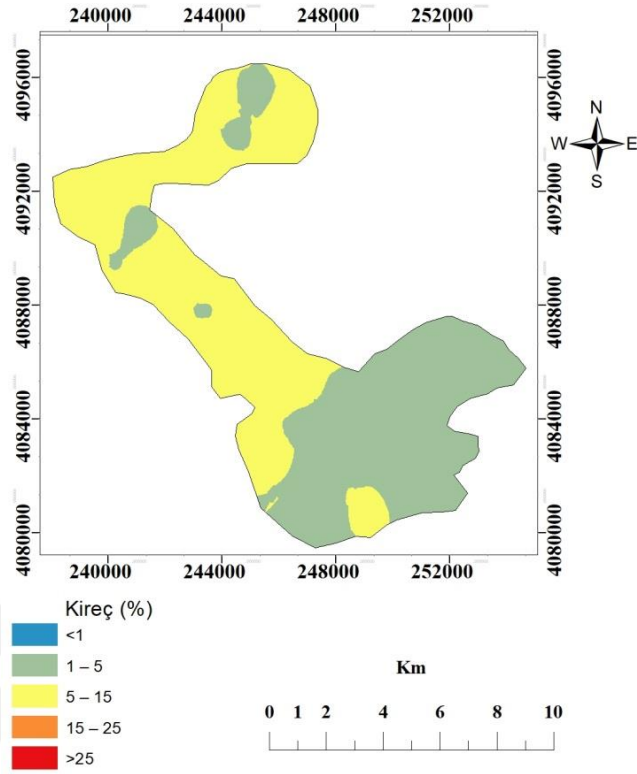
Kireç için en uygun yarivaryogram modeli Üsse olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5, Çizelge 4.5). Benzer şekilde Budak ve ark. (2018) yaptıkları çalışmalarında da kireç için en uygun yarivaryogram modelini Üsse olarak belirlemişlerdir. Toprakların kireç içerikleri için A_0 değeri 2480 m olarak alınmıştır (Çizelge 4.5).

Çalışma alanı topraklarının kireç içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.5). Budak ve ark. (2018) Dicle Havzasında yaptıkları bir çalışmada ise toprakların kireç içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.5. Kireç miktarlarına ait yarivaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nüket (C_0)	Sil (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Kireç	Üsse	2480	2.36000	16.56000	14.25	0.748

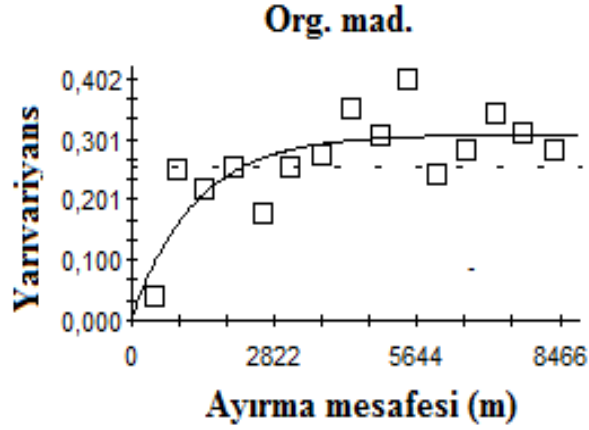
Çalışma alanındaki toprakların kireç dağılımı incelendiğinde, orta ve güney kısımlarının kireçli, doğu ve güneydoğu bölümlerinin orta düzeyde kireç içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Everest ve Özcan (2018) yaptıkları çalışmada zeytin arazilerinin %2.70'inin az kireçli, %16.22'sinin orta kireçli, %75.68'inin fazla kireçli ve %5.41'inin ise çok fazla kireçli olduğunu tespit etmişlerdir. Özden ve ark. (2020), İzmir topraklarında yaptıkları araştırmada, toprakların yarıdan fazlasının (%57.17) kirecsiz ve çok az kireçli olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 4.6. Toprakların kireç içeriklerinin dağılım haritası

4.3.4. Organik Madde (OM)

Toprakların OM içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin oldukça yüksek (2.35) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Organik madde içerikleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.7), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 575 m olarak alınmış ve en uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Organik madde içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.7’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.7. Toprakların organik madde değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların OM içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üsse olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7, Çizelge 4.6). Reza ve ark. (2012), yapılan çalışmada tüm toprak özellikleri için en uygun yarıvaryogram modelinin Üsse olduğunu tespit etmişlerdir. Toprakların organik madde değerleri için A_0 değeri 1260 m olarak hesaplanmıştır.

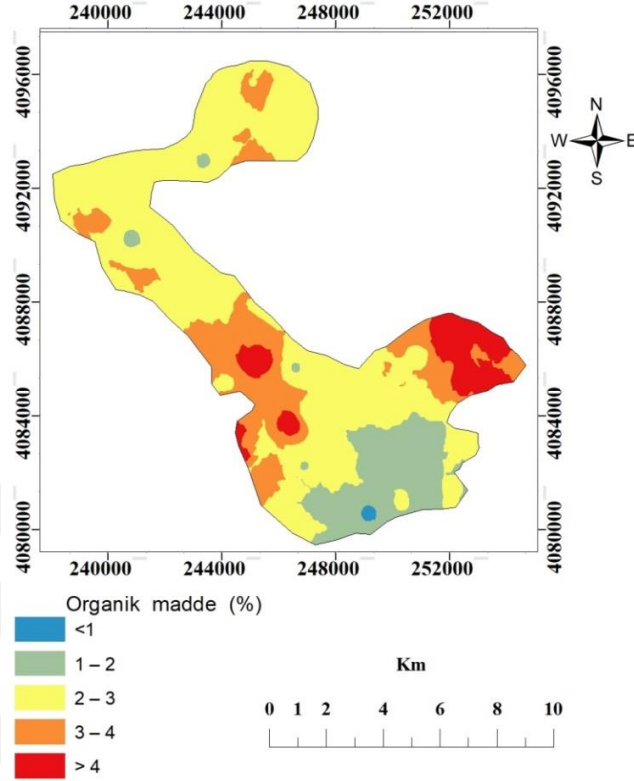
Çalışma alanı topraklarında organik madde içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.6). Benzer şekilde, Bogunovic ve ark. (2021) yaptığı çalışmada organik maddenin yersel bağımlılığını kuvvetli bulmuşlardır.

Çizelge 4.6. Organik madde değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nüket (C_0)	Sil (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Org. Mad.	Üsse	1260	0.0042	0.3094	1.35	0.599

Araştırma alanı topraklarında OM dağılımı incelendiğinde, güney kesimlerinde çok az ve az, kuzeyin bazı kesimlerinde az ve iyi düzeyde, doğu ve orta kesimlerde iyi ve yüksek, kuzeyde ise orta seviyede organik madde içerdiği saptanmıştır (Şekil 4.8). Bellitürk (2011) Uzunköprü (Edirne)’deki çalışmasında toprakların tamamının organik madde içeriklerinin, örneklerin biri hariç, %2’den düşük olmasından dolayı “yetersiz” olduğu belirlenmiştir. Özkan ve ark. (2009) Antalya’daki çalışmalarından elde edilen bulgulara göre, toprakların organik madde içeriklerinin %0.2-6.7 arasında değiştiği ve örneklerin %69.5’inin humusça fakir, %27.1’inin de az humuslu sınıfta yer aldığı saptamışlardır. Erdal ve Doğan (2018) tarafından yapılan çalışmada toprakların

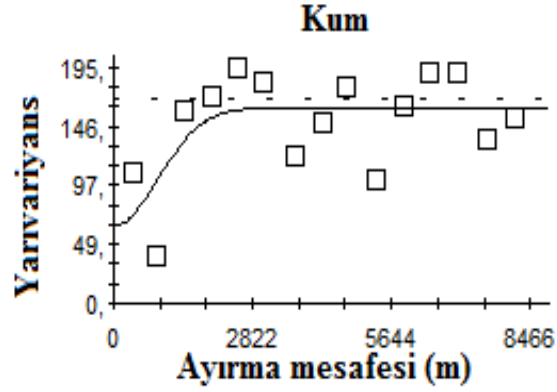
%15'inin OM içeriğinin çok az, %55'inin az, %26'sının orta, %3'ünün iyi ve %1'inin yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.8. Toprakların organik madde değerlerinin dağılım haritası

4.3.5. Kum

Toprakların kum içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin oldukça düşük (0.27) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların kum içerikleri için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.9), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 561 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak kum içeriklerine ait için bazı veriler (31, 4 ve 45 nolu örnekler) değerlendirmeye dâhil edilmemiştir. Toprakların kum içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.9'da, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.7'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Kum miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği

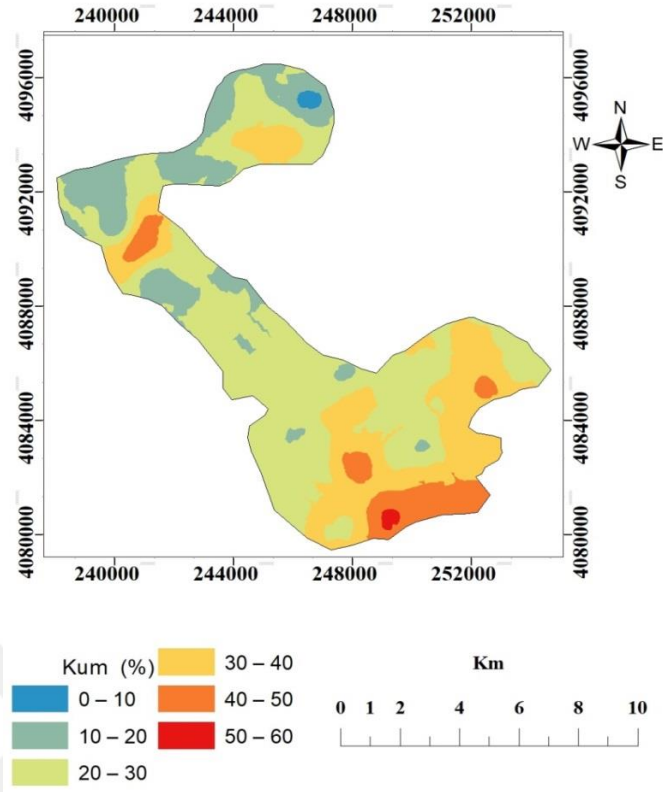
Toprakların kum içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.7). Bautista (2021) Yutacan Adasında yaptığı çalışmada kum için en uygun yarıvaryogram modelini Spherical olarak belirlemiştir. Reza ve ark. (2016) ise yaptıkları çalışmada kum için Üsse modelin en uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Toprakların kum içerikleri için A_0 değeri 1260 m olarak belirlenmiştir. Kum içeriklerinin, Nüket/Sil oranına göre, orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır. Reza ve ark. (2016) Hindistan'ın Katihar ilçesinin Kadwa Bloğunda yaptıkları çalışmada da; kum içeriğinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.7. Kum miktarlarına ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nüket (C_0)	Sil (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Kum	Gaussian	1260	64.00	161.50	39.62	0.383

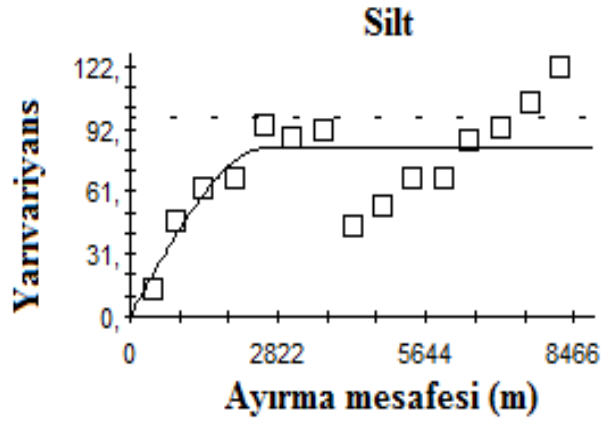
Çalışma alanındaki toprakların kum içerikleri genellikle kuzey ve batı kesimlerde düşükken, güneye doğru inildikçe yükseldiği görülmektedir. En yüksek kum içeriklerine alanın güneydoğusunda rastlanmıştır. Alandaki kum içeriğinin ağırlıklı olarak %10 ile %40 arasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Toprakların kum miktarlarının dağılım haritası

4.3.6. Silt

Toprakların silt içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin düşük (0.54) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce verilere herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır. Toprakların silt içerikleri için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.11), ayırma mesafeleri ise eşit olarak 566 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye alınmıştır. Toprakların silt içeriklerine ait yarıvaryogram Şekil 4.11’de, bu varyograma ait parametreler ise Çizelge 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Toprakların silt değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

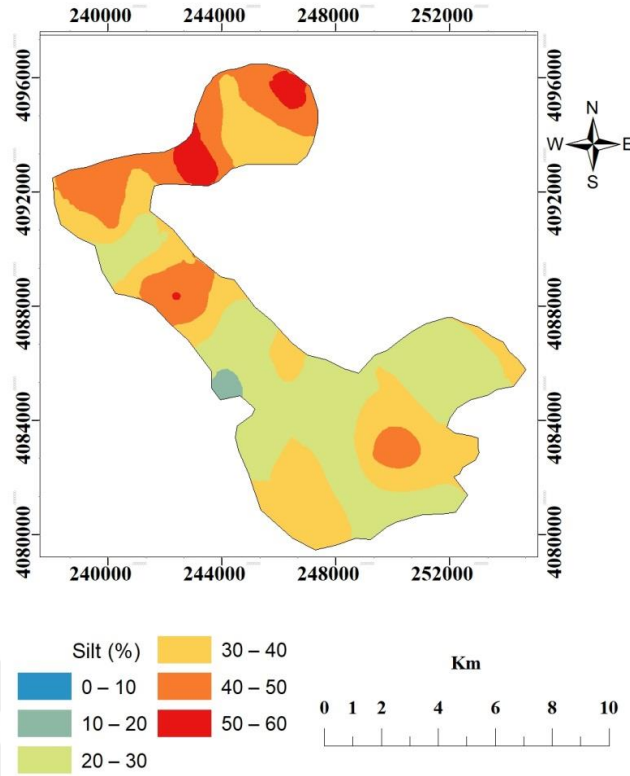
En uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11, Çizelge 4.8). Bautista (2021) çalışmasında silt için en uygun yarıvaryogram modelini Üssel (Exponential) olarak bulmuştur.

Toprakların silt içerikleri için A_0 değeri 2620 m olarak hesaplanmıştır. Toprakların silt içeriklerinin nugget/sill oranına göre kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Silt değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Silt	Küresel	2620	0.100	82.600	0.12	0.499

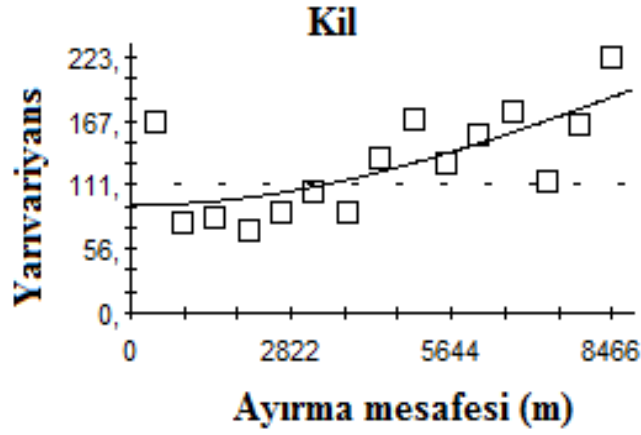
Çalışma alanı topraklarında silt içerikleri genellikle orta ve güneydoğu kesimlerde düşükken, kuzeye doğru gidildikçe ve yer yer güneydoğu kesimlerinde yükseldiği görülmektedir. En yüksek silt içerikleri alanın kuzeyinde rastlanmıştır. Çalışma alanındaki silt içeriğinin ağırlıklı olarak %20 ile %50 arasında değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Toprakları silt miktarlarının dağılım haritası

4.3.7. Kil

Çalışma alanındaki topraklarda kil içeriklerinin çarpıklık değerlerinin oldukça düşük (0.29) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) sebebiyle, jeostatistiksel modellemeler için veriler üzerinde herhangi bir dönüşüm yapılmamıştır. Topraklardaki kil miktarı için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.13), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 583 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların kil değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.13’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.13. Toprakların kil miktarlarına ait yarıvaryogram grafiği

Kil miktarları için en uygun yarıvaryogram modeli Guassian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13, Çizelge 4.9). Reza ve ark. (2016) çalışmalarında ise kil içeri için Exponential yarıvaryogram modelinin en uygun olduğunu belirlemişlerdir.

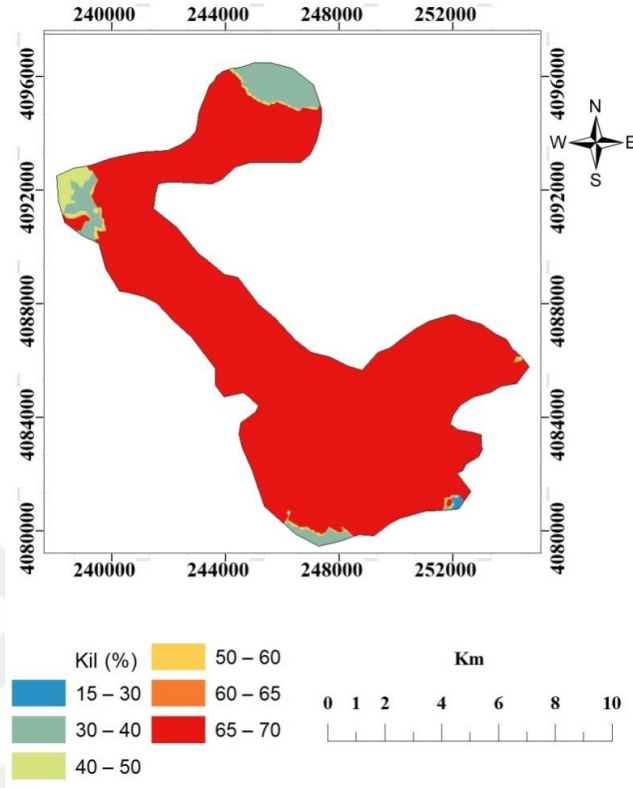
Toprakların kil içerikleri için A_0 değeri 13570 m olarak belirlenmiştir. Toprakların kil içeriklerinin yersel bağımlılık düzeyinin kuvvetli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Benzer şekilde, Reza ve ark. (2016) yaptıkları araştırmada da kil için yersel bağımlılığı kuvvetli olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.9. Kil içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	(C_0)/ (C_0+C)*100	r^2
Kil	Guassian	13570	94.00	385.70	24.37	0.506

Çalışma alanındaki toprakların kil içerikleri incelendiğinde; büyük bir kısmında yüksek olduğu belirlenmiştir. Alanın kuzeydoğusunda %30-40, kuzeybatısında %30-50, güneyinde %30-40 ve güneydoğu bölümünün uç kesimlerinde %15-30 olduğu belirlenmiştir. Alanın kil içeriğinin ağırlıklı olarak %65 ile %70 arasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.14). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Özyazıcı ve ark. (2016) yaptıkları bir araştırmada, tarım topraklarının kil içeriklerinin %2.49-79.23 arasında değişmekte olduğunu saptamışlardır. Saygın ve ark. (2017), araştırmasında ise toprakların, 0-30 cm'deki kil içeriklerini %7.6-46.8 arasında; yüzey altı (30-60 cm)

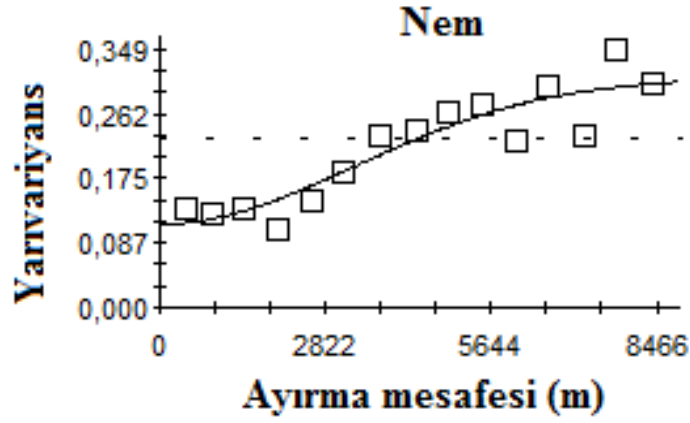
derinlikte ise %6.8-40.8 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.



şekil 4.14. Toprakların kil içeriklerinin dağılım haritası

4.3.8. Nem

Toprakların hava kuru nem içeriklerinin, arpıklık değerlerinin yüksek (0.85) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (izelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Çalışma alanındaki nem değerinin, arpıklık değerlerinin yüksek olması sebebiyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların nem için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (şekil 4.15), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 577 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogramlar şekil 4.15’de, bu varyogramlara ait parametreler ise izelge 4.10’da verilmiştir.



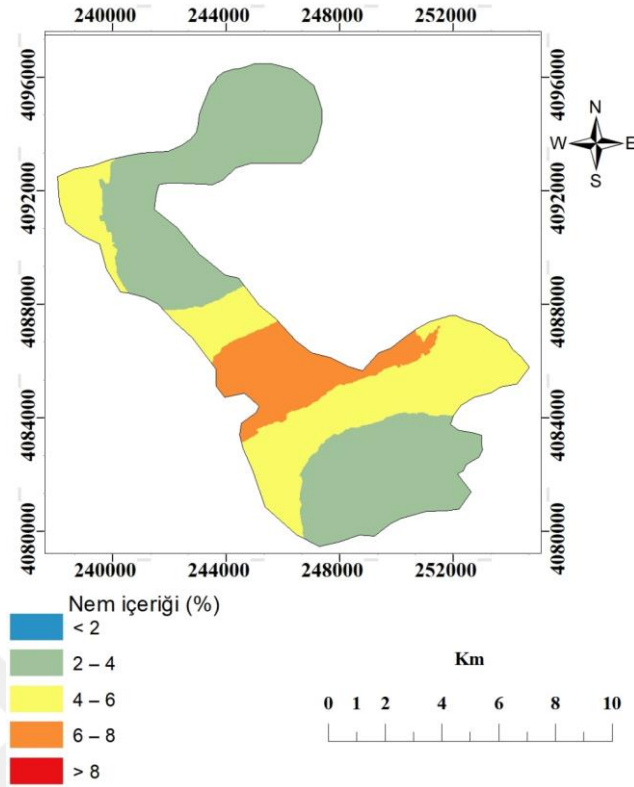
Şekil 4.15. Toprakların nem değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

En uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15, Çizelge 4.10). Toprakların nem içerikleri için A_0 değeri 4690 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Toprakların nem içeriklerinin yersel bağımlılık düzeyinin orta seviyede olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Nem içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Nem	Gaussian	4690	0.1131	0.3112	36.34	0.845

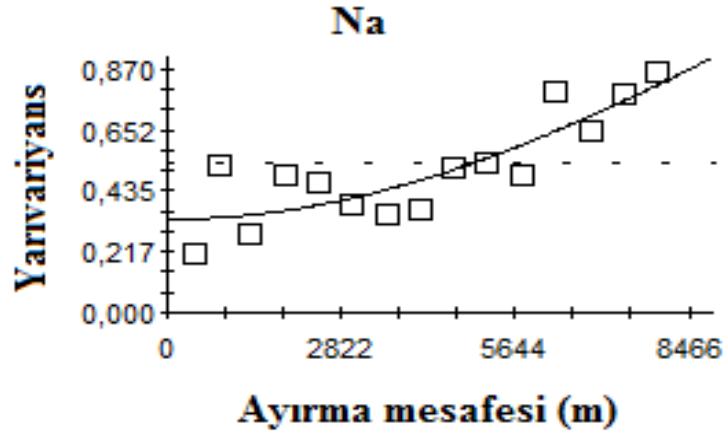
Çalışma alanındaki toprakların nem içeriklerinin dağılım haritasına bakıldığında, genellikle orta kesimlerde yüksekken, kuzey ve güney kesimlerinde düşük olduğu görülmektedir. Alanındaki nem içeriğinin ağırlıklı olarak %2 ile %6 arasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Toprakların nem içeriklerinin dağılım haritası

4.3.9. Sodyum (Na)

Çalışma alanındaki toprakların Na içeriklerinin çarpıklık değerlerinin yüksek (0.87) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Na değerlerine ait en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4. 17) ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 548 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.17’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.11’de verilmiştir.



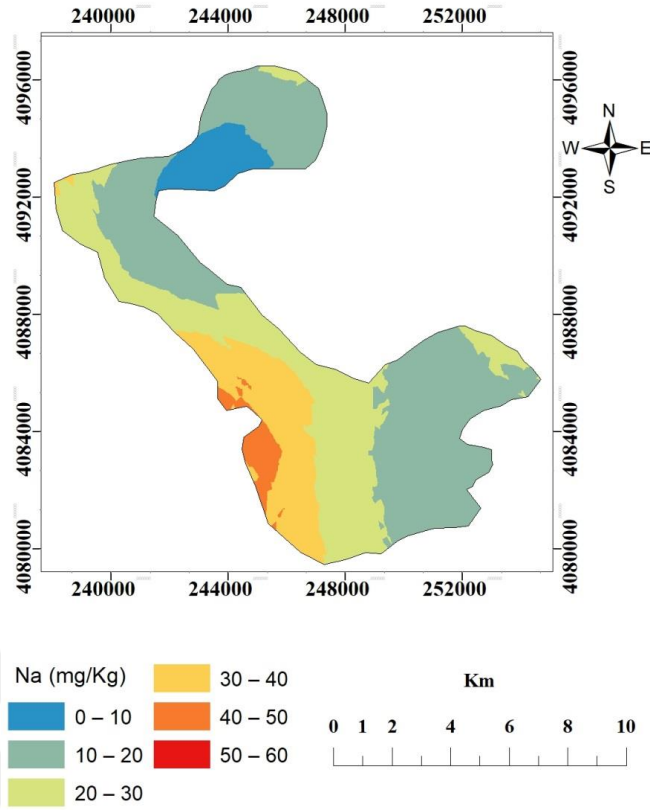
Şekil 4.17. Toprakların Na içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği

Na içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18, Çizelge 4.11). Toprakların Na değerleri için A_0 değeri 15870 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Toprakların Na içerikleri ise kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir.

Çizelge 4.11. Na içeriklerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Na	Gaussian	15870	0.3340	2.4980	13.37	0.730

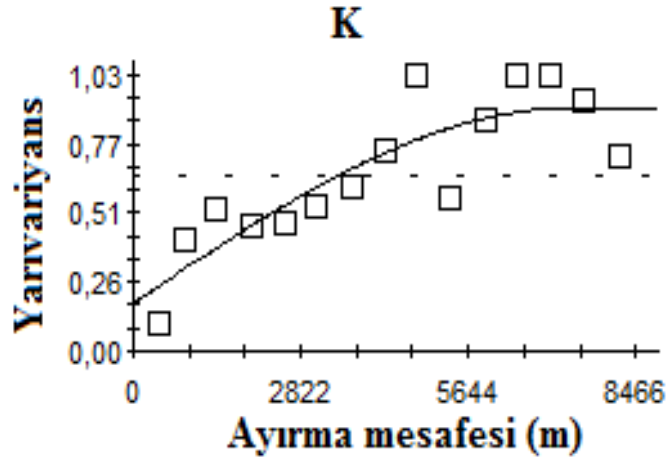
Çalışma alanındaki toprakların Na içerikleri; orta ve güney kesimlerde yüksek, doğu, kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde ise düşüktür. Toprakların Na içeriğinin ağırlıklı olarak %10 ile %40 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.18). Turan ve ark. (2010) Bursa ilinde yaptıkları araştırmada toprakların değişebilir sodyum içeriklerinin 0.08 - 1.74 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte olduğunu ve ortalama değeri ise 0.35 cmol kg⁻¹ olduğunu belirlenmişlerdir. Başaran ve Okant (2005) Çankırı Eldivan topraklarında yaptıkları araştırmada Na'un topraklarda yeterle miktarda mevcut olduğunu saptamışlardır.



Şekil 4.18. Toprakların Na içeriklerinin dağılım haritası

4.3.10. Potasyum (K)

Toprakların K içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin çok yüksek (4.97) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların K için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.19), ayırma mesafesi ise eşit olarak 564 m alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.19’da, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.19. Toprakların K değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların K değerleri için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel (Spherical) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19, Çizelge 4.12). Benzer şekilde, Sharma ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada da alınabilir K için en uygun yarıvaryogram modeli Küresel model olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2021)'nin çalışmasında ise K için en uygun yarıvaryogram model olarak Exponential model belirlenmiştir.

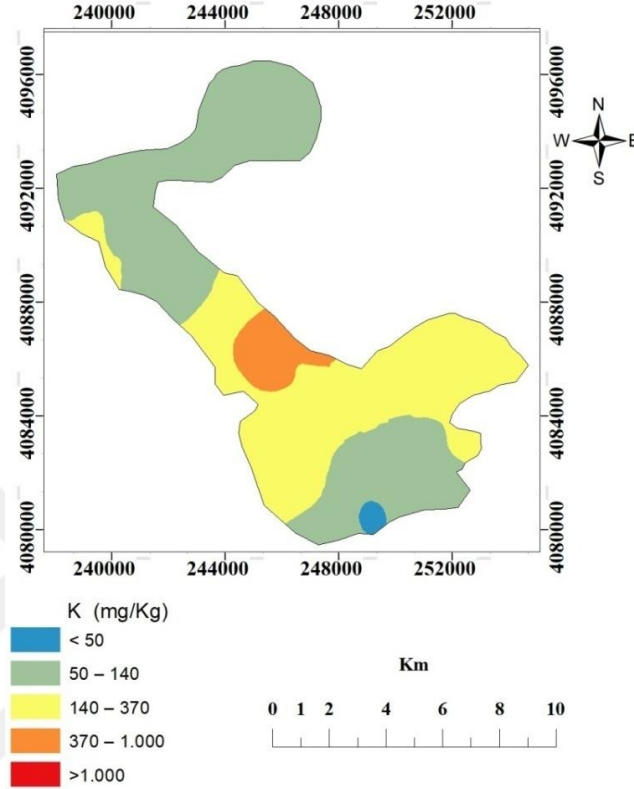
Toprakların K içerikleri için A_0 değeri 7430 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Toprakların K içerikleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Benzer şekilde; Wang ve ark. (2021) Güney Çin'in kuzeyindeki Guangdong eyaletinde yaptıkları çalışmada ve Bogunovic ve ark. (2021) Hindistan'da yaptığı çalışmada da alınabilir K içeriğinin yersel bağımlılığını kuvvetli bulmuşlardır. Aksine, Reza ve ark. (2012) tarafından, Assam'ın Goalpara bölgesinde yapılan çalışmada ise; toprakların alınabilir K değerlerinin zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.12. K değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	(C_0)/ (C_0+C)*100	r^2
K	Küresel	7340	0.1800	0.9040	19.91	0.747

Çalışma alanı topraklarının K içeriklerinin dağılımı incelendiğinde; güney kısmındaki küçük bir alanda çok az, kuzey ve güneyinde az, orta ve doğu kesimlerinde yeterli, orta kesimin bir bölümünde ise fazla miktarda K içerdiği görülmektedir (Şekil

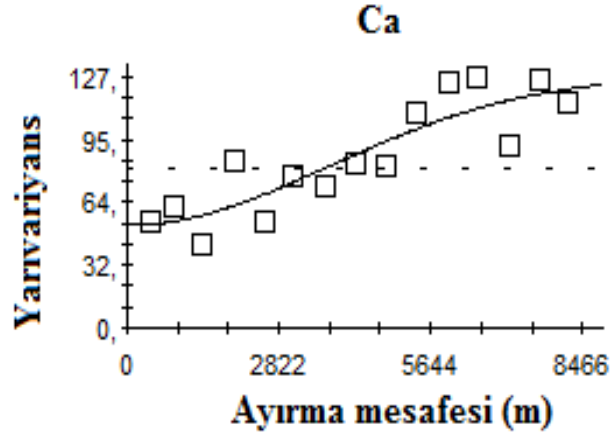
4.20). Ateş ve Turan, (2015) Bingöl ili Merkez ilçe topraklarının alınabilir K içeriklerinin toprakların büyük çoğunluğunda yüksek bulmuşlardır.



Şekil 4.20. Topraklarının K içeriklerinin dağılım haritası

4.3.11. Kalsiyum (Ca)

Toprakların Ca içeriklerinin, çarpıklık değerinin yüksek (0.89) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere karekök dönüşümü uygulanmıştır. Toprakların Ca için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.21), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 568 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların Ca değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.21’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.21. Toprakların Ca içeriklerine ait yarıvaryogram grafiği

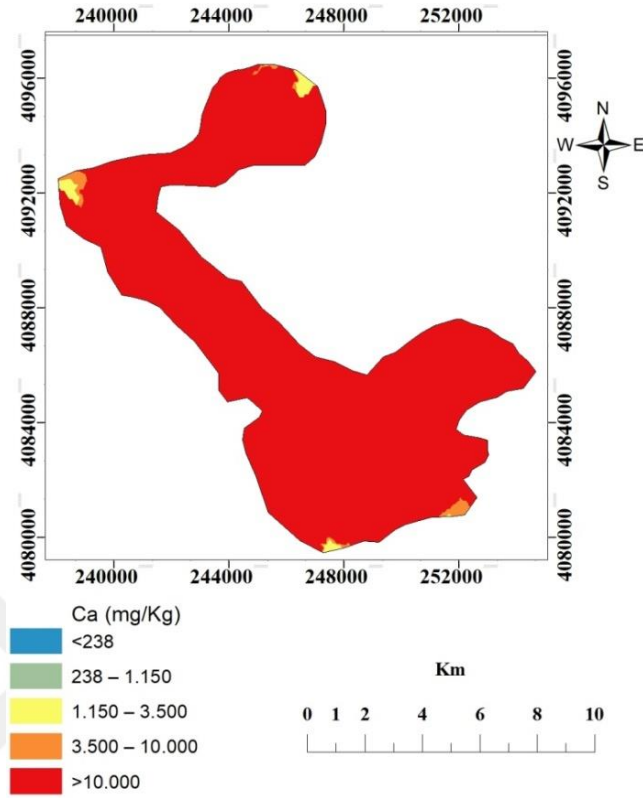
Toprakların Ca içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21, Çizelge 4.13). Benzer şekilde, Sharma ve Sood (2020) da Hindistan'ın Himachal Prades ilçesi Kinnaur bloğunda yaptıkları çalışmada en iyi yarıvaryogram modelini Gaussian olarak bulmuşlardır.

Toprakların Ca değerleri için A_0 değeri 5300 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Toprakların Ca içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın, Sharma ve Sood (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprakların Ca miktarlarının yersel bağımlılık düzeyinin zayıf olduğu saptamıştır.

Çizelge 4.13. Ca değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Ca	Gaussian	5300	52.00	127.90	40.65	0.770

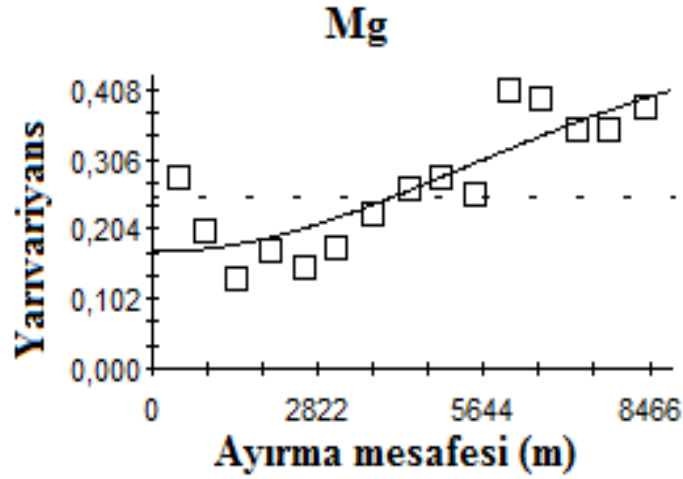
Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinin dağılım haritası incelendiğinde, hemen hemen tamamında Ca miktarının çok fazla olduğu; sadece kuzeydoğu, kuzeybatı ve güneybatı kısımlarındaki küçük alanlarda yeterli, güneydoğu ve kuzeybatı kesimlerindeki birkaç küçük alanda ise fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.22). Çetin ve Eraslan (2015) yaptıkları bir çalışmada, Ca içeriklerinin toprakların %7.14'ünde az, %54.29'unda yeterli ve %38.57'sinde fazla düzeyde olduğunu saptamışlardır.



Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarının Ca değerlerinin dağılım haritası

4.3.12. Magnezyum (Mg)

Toprakların Mg içeriklerinin çarpıklık değerlerinin yüksek (0.77) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Topraklarda Mg için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.23), ayırma mesafeleri ise 577 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Toprakların Mg içeriklerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.23'te, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.23. Toprakların Mg değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

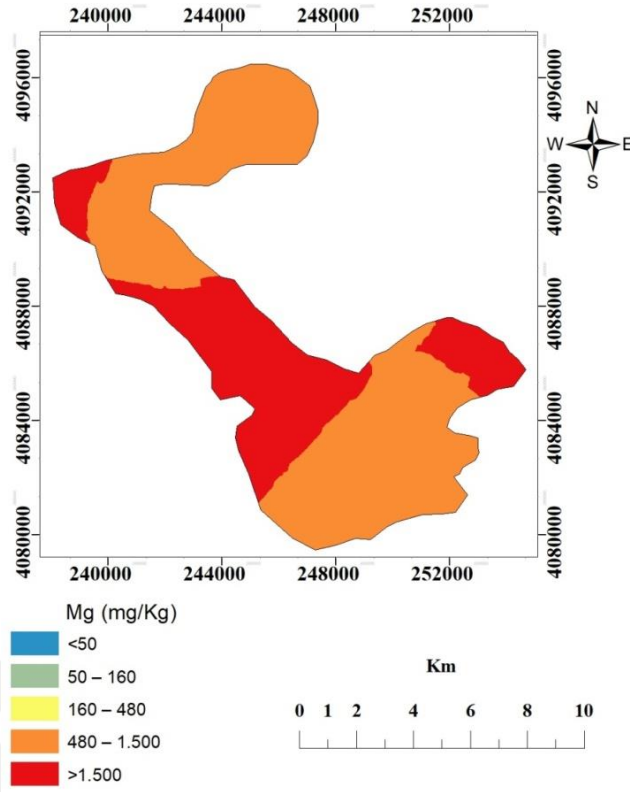
Toprakların Mg miktarları için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.24, Çizelge 4.14). Laekemariam ve ark. (2018)'nın Etiyopya'da yaptıkları çalışmalarında ise Mg için en uygun yarıvaryogram modeli Exponential olarak saptanmıştır.

Toprakların Mg veri seti için A_0 değeri 7610 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.14). Toprakların Mg değerleri orta düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Sharma ve Sood (2020) ise, yaptıkları çalışmada Mg değerlerinin zayıf düzeyde yersel bağımlılık gösterdiğini tespit edilmişlerdir.

Çizelge 4.14. Mg değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Mg	Gaussian	7610	0.1710	0.4910	34.82	0.712

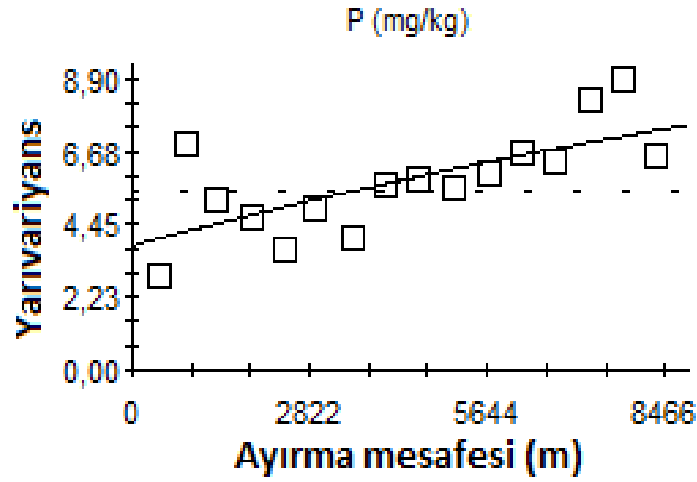
Çalışma alanındaki toprakların Mg içeriği incelendiğinde; kuzey ve güneydoğu kesimlerinde fazla, kuzeybatı, doğu ve orta kesimlerinde ise çok fazla düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 4.24). Turan ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, toprakların %3.33'ünde Mg miktarı az, %23.34'ünde yeterli, %70'inde fazla ve %3.33'ünde çok fazla sınıfına girdiğini tespit etmişlerdir.



Şekil 4.24. Toprakların Mg içeriklerinin dağılım haritası

4.3.13. Fosfor (P)

Toprakların P içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek (1.97) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeoistatistiksel modellemelerden önce veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların P için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.25), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 572 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.25’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Toprakların P değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprak fosforu için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel (Exponential) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.25, Çizelge 4.15). Sharma ve ark. (2020), Sharma ve Sood (2020) ve Wang ve ark. (2021) ise yaptıkları çalışmalarda P için en uygun yarıvaryogram modelinin Küresel olduğunu tespit etmişlerdir.

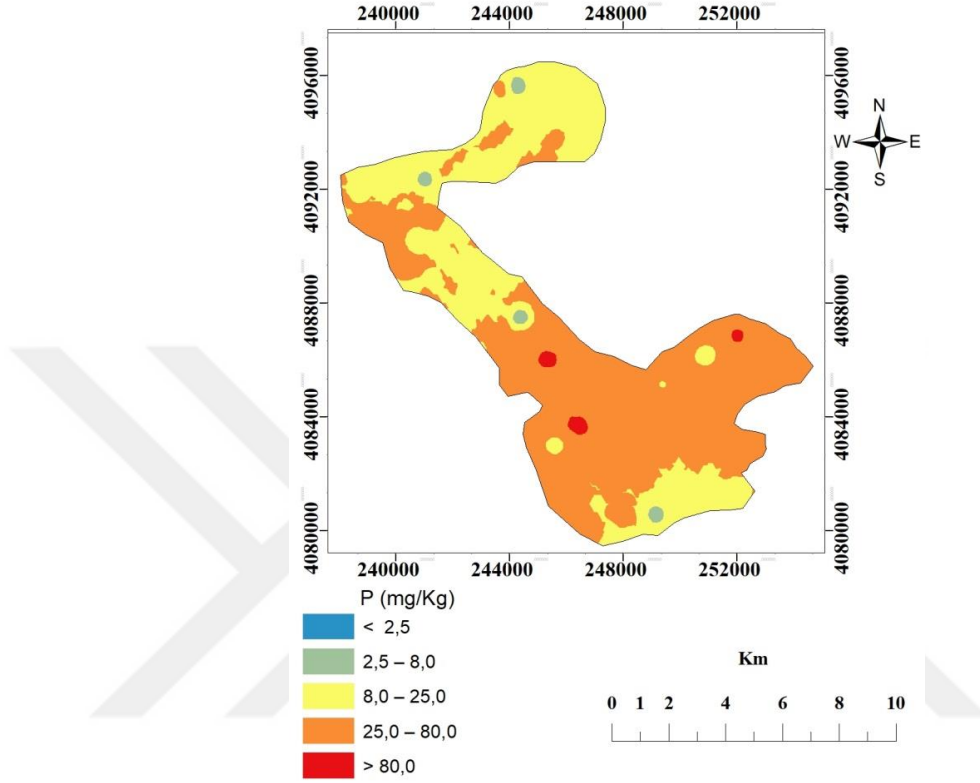
Toprakların P değerleri için A_0 değeri 18600 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Toprakların P içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Benzer şekilde; Akbaş (2012) tarafından Tokat Kazova’da yaptığı çalışmasında da alt ve üst toprakların P içeriklerinin yersel bağımlılığı orta seviyede tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. P değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	(C_0)/ (C_0+C)*100	r^2
P	Üssel	18600	3.8	13.609	27.92	0.490

Çalışma alanındaki toprakların alınabilir P içerikleri bakımından dağınık vaziyette olduğu saptanmıştır. Çalışma alanındaki toprakların P içerikleri küçük birkaç noktada az, kuzeydoğu ve güneydoğu kesimlerinde yeterli, kuzeybatı, güneydoğunun bazı kesimlerinde ve ortalara doğru yeterli ve haritada dağınık olan birkaç noktada ise çok fazla düzeyde alınabilir P içeriğine rastlanmıştır (Şekil 4.26). Erdal ve Doğan (2018),

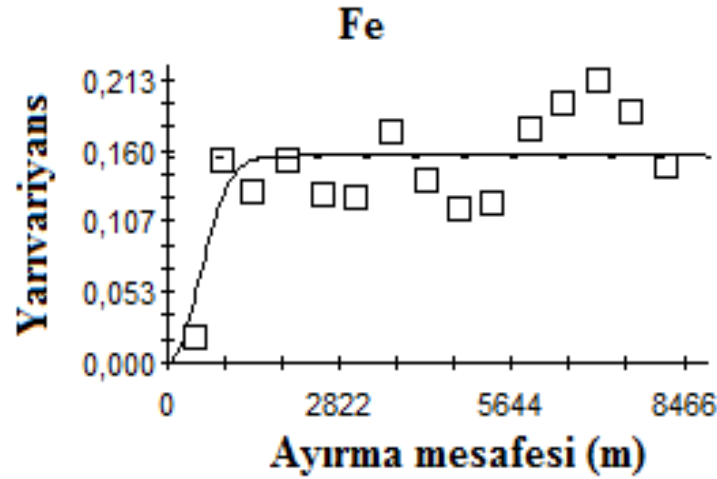
Burdur İlinde yaptıkları çalışmada en düşük bitkiye yararışlı P ortalaması 20.23 mg kg^{-1} ile Ağlasun, en yüksek bitkiye yararışlı P ortalaması ise 40.94 mg kg^{-1} ile Merkez ilçelerinde ölçmüşlerdir.



Şekil 4.26. Toprakların P değerlerinin dağılım haritası

4.3.14. Demir (Fe)

Toprakların Fe içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek (0.85) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Fe için en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.27), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 564 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların Fe değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.27’de, bu varyogramlara ait parametreler ise Çizelge 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.27. Toprakların Fe değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Guassian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.27, Çizelge 4.16). Laekemariam ve ark. (2018) tarafından Etiyopya’da yapılan bir çalışmada topraklardaki Fe içerikleri için en uygun yarıvaryogram modelini Üssel olarak belirlemişlerdir.

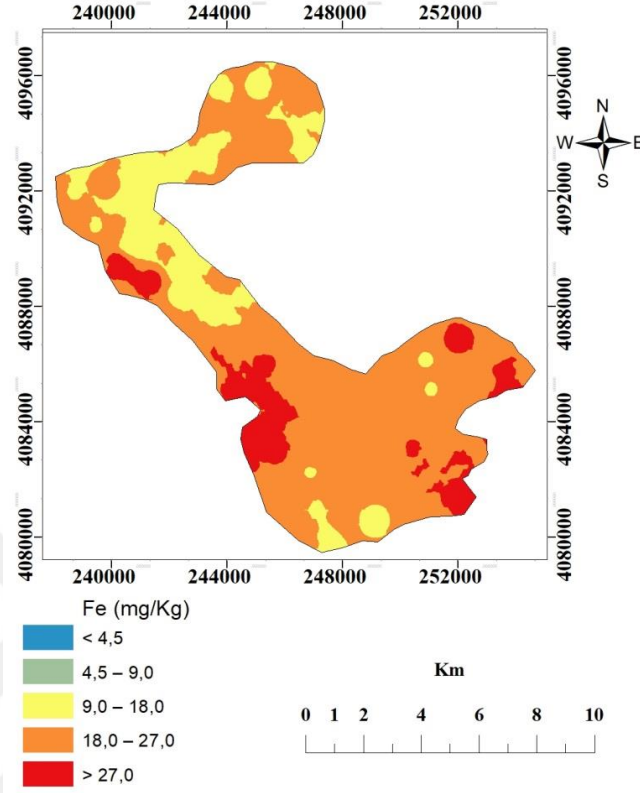
Toprakların Fe değerleri için A_0 değeri 710 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16). Çalışma alanındaki toprakların Fe değerleri kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir (Çizelge 4.16). Laekemariam ve ark. (2018) ise, Etiyopya’daki çalışmalarında Fe değerlerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlemişlerdir.

Çizelge 4.16. Fe değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	(C_0)/ (C_0+C)*100	r^2
Fe	Gaussian	710	0.0001	0.1562	0.064	0.530

Araştırma alanının içerisindeki toprakların alınabilir Fe dağılımı incelendiğinde; dağılım dağınık olmakla birlikte, yoğunlukla kuzey ve orta kesimlerinde yeterli, güney kesimlerde yüksek ve batı ve orta kesimlerdeki bazı alanlarda ise çok yüksek olduğu görülmektedir. (Şekil 4.28). Parlak ve ark. (2008), Eceabat tarım topraklarının alınabilir demir içeriklerini 0.35 ile 47.92 mg kg⁻¹ arasında ve ortalama 8.46 mg kg⁻¹ g olarak

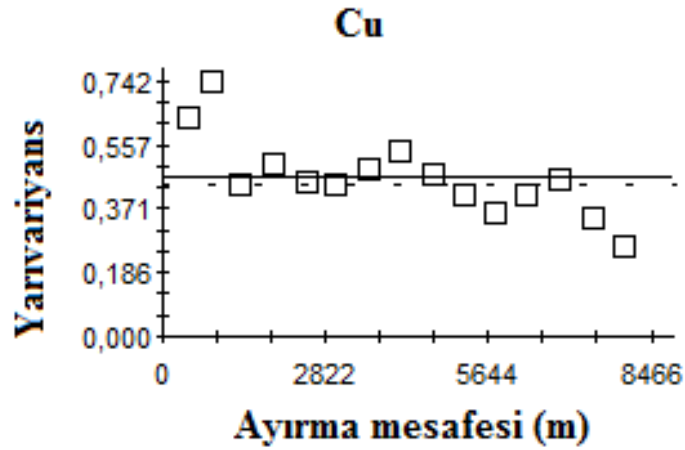
bulmuşlardır.



Şekil 4.28. Toprakların Fe içeriklerinin dağılım haritası

4.3.15. Bakır (Cu)

Toprakların Cu içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin oldukça yüksek (2.33) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, jeostatistiksel modellemelerden önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Cu için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.29), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 550 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların Cu değerlerine ait yarıvaryogram Şekil 4.29’da, bu varyograma ait parametreler ise Çizelge 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.29. Toprakların Cu değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

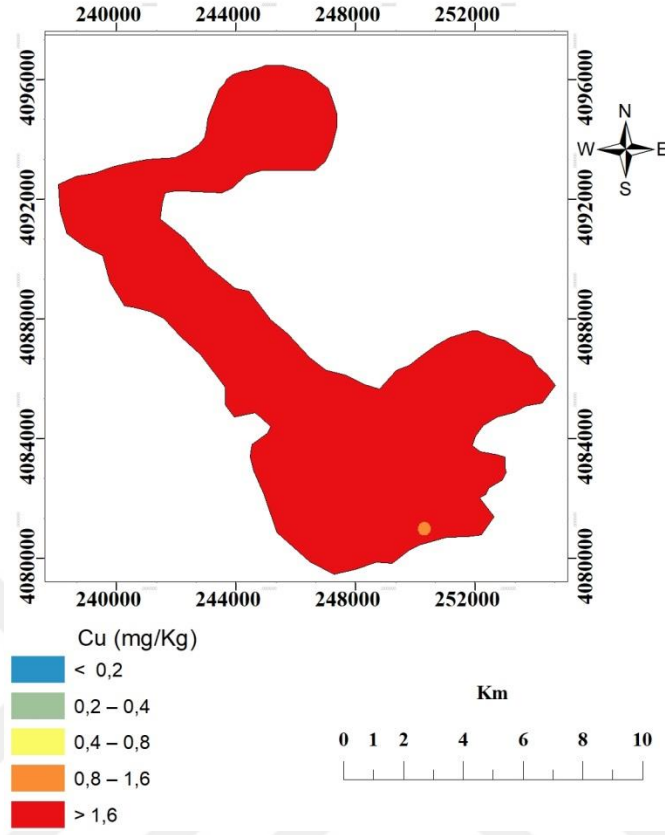
Toprakların Cu içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Doğrusal (Linear) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.29, Çizelge 4.17). Laekemariam ve ark. (2018) ise, araştırmalarında Cu için en uygun yarıvaryogram modelini Küresel olarak saptamışlardır.

Toprakların Cu değerleri için A_0 değeri 7978 m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Toprakların Cu değerleri zayıf düzeyde yersel bağımlılık göstermiştir. Sharma ve ark. (2020), Hindistan'ın Maharashtra, Yavatma ilçesinin Kelapur Bloğunda yapılan çalışmada Cu içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) ise, çalışmasında Cu için kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık belirlemişlerdir.

Çizelge 4.17. Cu değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Cu	Doğrusal	7978	0.4647	0.4647	100	0.600

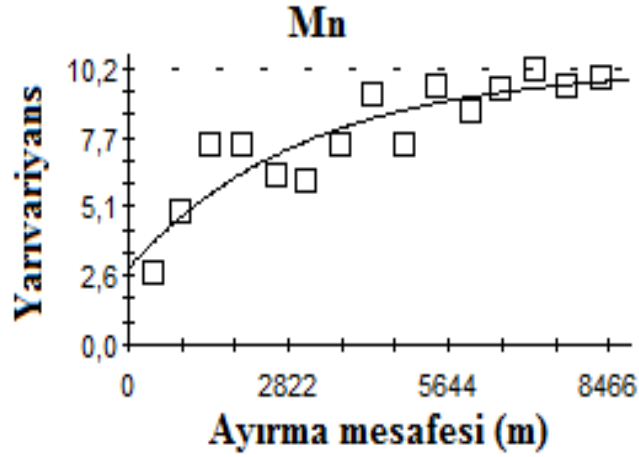
Araştırma alanındaki toprakların Cu içeriğinin dağılımı incelendiğinde, hemen hemen tamamının çok yüksek, sadece güneydoğu kısmında küçük bir alanda ise yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.30). Çetin ve Eraslan (2015), Dinar'da yaptıkları çalışmada toprakların Cu içeriklerinin 1.1 mg kg^{-1} ile 3.4 mg kg^{-1} arasında değiştiğini ve toprakların tamamında Cu'nun yeterli düzeyde olduğunu bulmuşlardır.



Şekil 4.30. Toprakların Cu içeriklerinin dağılım haritası

4.3.16. Mangan (Mn)

Toprakların Mn içeriklerinin, çarpıklık değerlerinin yüksek (1.15) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 3.3) nedenleriyle, verilere jeoistatistiksel modellemelerden önce karekök dönüşümü uygulanmıştır. Toprakların Mn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek için; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.31), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 573 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvaryogram Şekil 4.31’de, bu varyogram a ait parametreler ise Çizelge 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.31. Toprakların Mn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

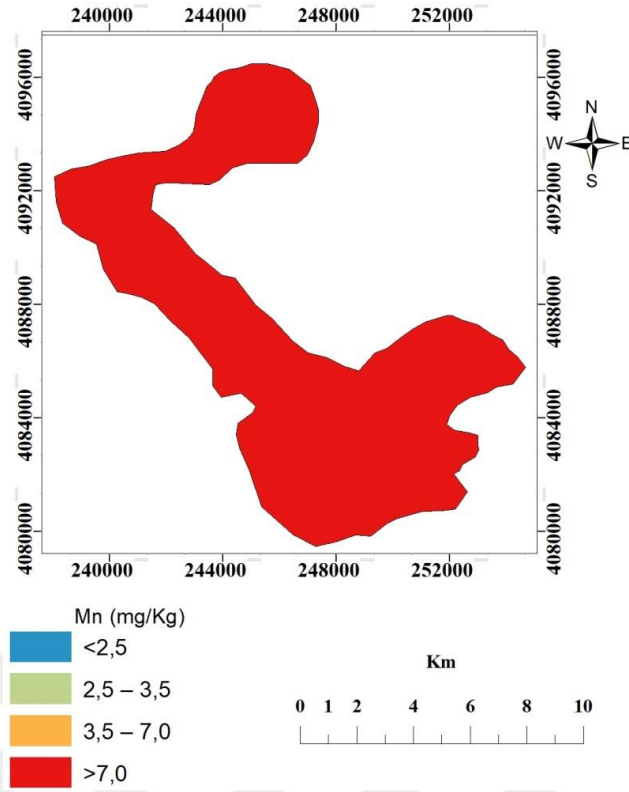
Toprakların Mn değerleri için en uygun yarıvaryogram modeli Üssel olarak belirlenmiştir (Şekil 4.31, Çizelge 4.18). Sharma ve ark. (2020) da benzer şekilde yaptıkları bir çalışmada, alınabilir Mn için en uygun yarıvaryogram modelini Üssel olarak bulmuşlardır.

Toprakların Mn değerleri için A_0 değeri 3100 m olarak alınmıştır (Çizelge 4.18). Toprakların Mn içeriklerinin orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.18). Benzer şekilde, Hani ve ark. (2014) Ahwaz topraklarında ve Foroughifar ve ark. (2013) İran Tebriz'deki topraklarda da Mn içeriği için orta düzeyde yersel bağımlılık tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.18. Mn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Mn	Üssel	3100	2.83	10.27	27.55	0.796

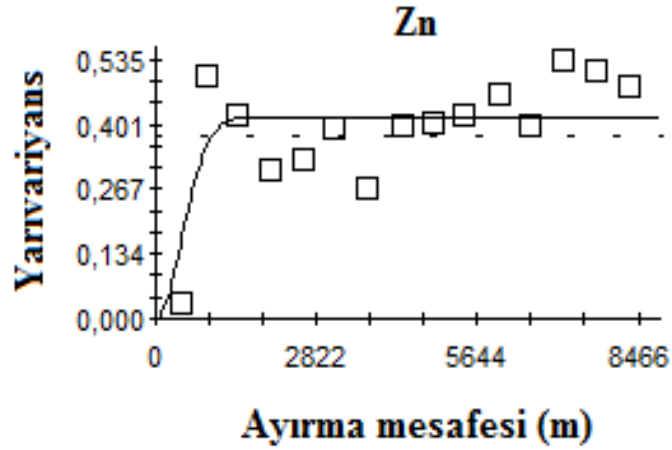
Araştırma alanındaki toprakların Mn içeriklerinin dağılımı incelendiğinde, tüm alanın yüksek düzeyde Mn içerdiği görülmektedir (Şekil 4.32). Taşova ve Akın (2019) ise İç Anadolu Bölgesi topraklarının büyük kısmında (%92.3) yarıyışlı mangan içeriklerinin az ve çok az olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 4.32. Toprakların Mn içeriklerinin dağılım haritası

4.3.17. Çinko (Zn)

Toprakların Zn içeriklerinin çarpıklık değerlerinin oldukça yüksek (4.970) olması ve normalite testlerinde (Shapiro-Wilk testi) normal olmayan dağılım göstermesi (Çizelge 4.19) nedenleriyle, verilere jeostatistiksel modellemelerden önce logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Toprakların Zn için, en uygun yarıvaryogram modelini belirlemek amacıyla; aktif ayırma uzaklığı 8466 m (Şekil 4.33), ayırma mesafeleri ise eşit bir şekilde 573 m olarak alınmıştır. En uygun yarıvaryogram modelini oluşturmak için tüm veriler değerlendirmeye dâhil edilmişlerdir. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogramlar Şekil 4.33’de, bu varyograma ait parametreler ise Çizelge 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.33. Toprakların Zn değerlerine ait yarıvaryogram grafiği

Toprakların Zn içerikleri için en uygun yarıvaryogram modeli Gaussian olarak belirlenmiştir (Şekil 4.33, Çizelge 4.19). Laekemariam ve ark. (2018) çalışmalarında Zn için en uygun yarıvaryogram modelini Üssel, Reza ve ark. (2017) ise Spherical olarak belirlemişlerdir.

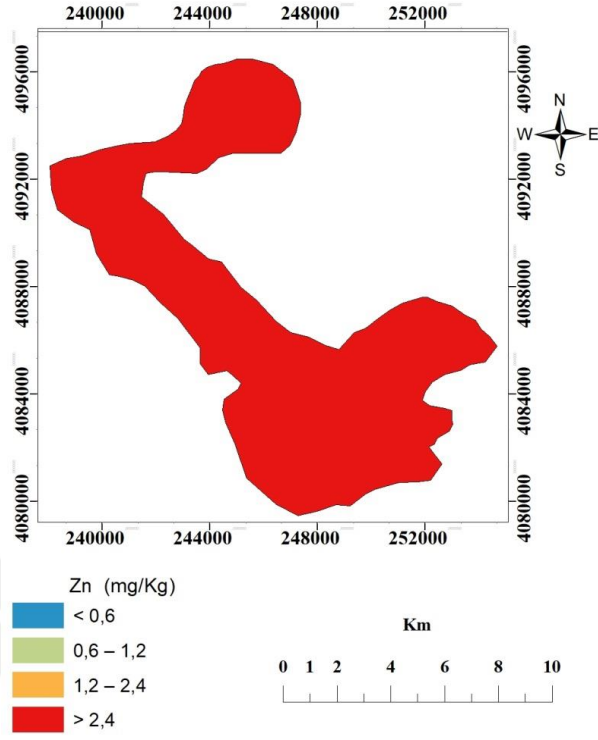
Toprakların Zn değerleri için A_0 değeri 1810 m olarak alınmıştır (Çizelge 4.19). Toprakların Zn içeriklerinin kuvvetli düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği belirlenmiştir. Laekemariam ve ark. (2018) Zn içeriklerini kuvvetli, Reza ve ark. (2017) ise Hindistan'da yaptıkları araştırmada orta düzeyde yersel bağımlılık gösterdiği saptamışlardır.

Çizelge 4.19. Zn değerlerine ait yarıvaryogram parametreleri

Özellik	Model	A_0 (m)	Nugget (C_0)	Sill (C_0+C)	$(C_0)/$ $(C_0+C)*100$	r^2
Zn	Üssel	573	0.0010	0.4170	0.2398	0.796

Çalışma alanındaki topraklarının tamamının yüksek düzeyde Zn içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.34). Özden ve ark. (2020), araştırma alanı topraklarının analiz sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir Zn miktarı $0.07-19.14 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup, toprakların %44.42'sinde Zn'nin orta düzeyde olduğunu saptamışlardır. Bellitürk (2011) tarafından Uzunköprü (Edirne) ilçesinde yapılan bir çalışmada, asit karakterli topraklarının Zn içerikleri ortalama 1.01 ppm olduğunu tespit etmiş olup, Zn'nun

yetersiz düzeylerde olduğunu ortaya çıkarmıştır.



Şekil 4.34. Toprakların Zn değerlerinin dağılım haritası

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada; Dörtöl Ovası topraklarının temel özellikleri ile makro ve mikro besin element içerikleri belirlenmiş ve bunların alandaki yersel dağılım modellemesi yapılarak haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanında en homojen dağılım gösteren parametrenin pH, en az homojenlik gösteren parametrenin ise toprakların K olduğu saptanmıştır. Toprak parametrelerinin dağılımı ile ilgili olarak yapılan benzer çalışmaların hemen hemen tamamında da pH değerlerinin en homojen dağıldığı belirlenmiştir.

Toprakların tamamında herhangi bir tuzluluk sorunu yoktur ve toprakların tamamının nötr ve bazik reaksiyonludur. Topraklarda alkalilik sorununa da rastlanmamıştır. Toprakların %75'inde organik madde içeriğinin yetersiz, kireç içeriğinin ise toprakların tamamında çok yüksek olmadığı belirlenmiştir. Toprakların hava kuru nem içerikleri geniş sınırlar içinde değişmiştir. En yüksek nem içeriği 24 nolu örnekte belirlenmiştir. Aynı örneğin kil içeriğine bakıldığında, bunun da en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.

Toprakların %50'sinde K, %4.16'sında Ca, %15'inde P yetersiz düzeydedir. Çalışma alanının bu besin elementlerince yetersiz olduğu bölümlerinde daha detaylı çalışmalar yapılmalı ve gübre önerilerinde bulunulmalıdır. Çalışma alanındaki toprakların büyük bir bölümünde mikro besin elementlerinden Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri yeterli ve yüksek düzeydedir. Ancak, bu durumun daha detaylı çalışmalarla doğrulanması gerekir.

Toprak parametrelerinden sadece pH, Kum ve kil içeriklerine ait veri setleri normal dağılım göstermiştir. Diğer parametrelerin veri setleri ise normal dağılım göstermediğinden, bunlara logaritmik ve karekök dönüşümler uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır.

jeoistatistikte A_0 (range) değeri; herhangi bir değişken için uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum mesafeyi belirtmektedir. Diğer bir deyişle, herhangi bir parametre için A_0 değerinden sonraki uzaklıklarda noktalar arasında herhangi bir yersel (uzaysal) bağımlılık bulunmamaktadır. Dolayısıyla A_0 değeri aynı zamanda örnekleme uzaklığını da belirlemektedir. Çalışma alanındaki toprakların A_0 değerleri 710 m (Fe için) ile 21100 m (pH için) m gibi çok geniş sınırlar arasında değişmektedir. Bu alanda bundan sonra yapılacak benzer konulardaki çalışmalarda, parametrelerin A_0 değerleri dikkate

alınarak, bu parametrelerin A_0 değerleri gruplandırılmalı ve iki veya üç farklı örnekleme uzaklığı belirlenmelidir.



KAYNAKLAR

- Ahmad, M., Muhammad, D., Mussarat, M., Naseer, M., Khan, M.A., Khan, A.A. and Shafi, M.I., 2018. Spatial variability pattern and mapping of selected soil properties in hilly areas of Hindukush range northern, Pakistan. **Eurasian J Soil Sci**, 7 (4): 355–364.
- Aishah, A.W., Zauyah, S., Anuar, A.R. and Fauziah, C.I., 2010. Spatial variability of selected chemical characteristics of paddy soils in Sawah Sempadan, Selangor, Malaysia. **Malaysian Journal of Soil Science**, 14: 27-39.
- Akbaş, F., 2012. Tokat topraklarının yarayışlı fosfor düzeyinin jeostatistik tahmin ve simülasyon metotlarıyla modellenmesi ve haritalanması. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 18: 63-76.
- Allison, L.E., 1965. Organic Carbon (C.A. Black, Editör). **Methods of soil analysis**. Part 2. Agronomy Series. No. 9, ASA. 1367-1378. Wisconsin.
- Allison, L.E. and Moode, C.D., 1965. Carbonate. (C.A. Black, Editor). **Methods of soil analysis**. Part 2. Agronomy Series. No. 9, ASA. 1379-1396, Wisconsin.
- Anonim, 2022. **Hatay ili iklim verileri**. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> (Erişim tarihi: 17.08.2022).
- Ateş, K. ve Turan, V., 2015. Bingöl ili merkez ilçesi tarım topraklarının bazı özellikleri ve verimlilik düzeyleri. **Türk J AgricRes**, 2: 108-113.
- Banwasi, R., S.K., Singh, S.K., Kumar, N. and Sahu, K.K., 2020. Assessing the accuracy of geostatistical techniques for mapping soil macronutrients on basaltic landscape of central India. **International Journal of Chemical Studies**, 8(1): 1014-101 DOI: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1m.8379>
- Başaran, M. ve Okant, M., 2005. Bazı toprak özelliklerinin Eldivan yöresinde yetiştirilen kirazların beslenme durumu üzerine etkisi. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 11(2): 115-119.
- Bautista, F., 2021. Geostatistical analysis of soil properties of the karstic sub-horizontal plain of the Yucatan Peninsula. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, 24: 09.
- Bayar, A.A.A. ve Yılmaz, K., 2017. Bazı sulak alan topraklarının fiziksel özelliklerinin incelenmesi. **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 6(1):52-62.
- Bayar, A.A. A., Çınarlı, M. ve Güven, B.G., 2019. Kırşehir ilindeki bazı tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, 6(4):636-647.
- Bellitürk, K., 2011. Edirne ili Uzunköprü ilçesi tarım topraklarının beslenme durumlarının belirlenmesi. **Tekirdağ Zir. Fak. Dergisi**, 8(3): 8-15.
- Bogunovic, I., Filipovic, L., Filipovic, V. and Pereira, P., 2021. Spatial mapping of soil chemical properties using multivariate geostatistics. A study from cropland in eastern Croatia. **Journal of Central European Agriculture**, 22(1): 201-210.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Agron J.**, 43:434–438.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Acir, N. ve Sırrı, M. 2018. Dicle Havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, 5(2): 103-115. DOI: 10.19159/tutad.361237.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Novak, J.M., Turco, R. F. and Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central

- Iow a soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58: 1501-1511.
- Çabuk, A., Çabuk, K.M., Aksoy, M., Şimşek, B., Güney, Y., Avdan, U., Uyguçgil, H. ve Cömert, R., 2018. **Coğrafi bilgi sistemlerine giriş**. Anadolu Üniversitesi Yayını. Eskişehir.
- Çetin, E., ve Eraslan, F., 2015. Afyonkarahisar ili Dinar ilçesi patates ekim alanlarında toprakların verimliliği ve bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 10 (2):135-145.
- Doğan, K., Ağca, N., Keçecioğlu, F., Benice, A. and Tek, T., 2020. Spatial distribution of microbial activities in Arsuz plain soils (Hatay, Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 13:581.
- Doyuran, V., 1980. Erzin - Dörtöl ovalarının hidr ojeolojisi ve yeraltı suyu işletme çalışmaları. **Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**, Ankara, Doçentlik Tezi, 88 S.
- Doyuran, V., 1982. Erzin ve Dörtöl ovalarının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri. **Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni**, 25: 151 – 160.
- Eid, A.N.M., Olatubara, C.O., Ewemoje, T.A., El-Hennawy, M.T. and Farouk, H., 2021. Spatial and seasonal assessment of physico-chemical characteristics of soil in Wadi El-Rayan lakes using GIS technique. **SN Applied Sciences**, (3):146. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03976-5>
- Erdal, İ. ve Doğan, A., 2018. Burdur ili tahıl yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi**, 6(1):39-45.
- ESRI, 2022a. **What is GIS? Geographic Information Systems**. [online]. [cit. 2011-03-12]. Available at: <https://www.esri.com/en-us/what-isgis/overvie> (Erişim tarihi: 08.12. 2022).
- ESRI, 2022b. **Buffer (Analysis): Buffer (Analysis)** [online]. [cit. 2021-01-12]. Available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool reference/analys> (Erişim tarihi: 08.12. 2022).
- Everest, T. ve 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.
- Foroughifar, H., Jafarzadeh, A.A., Torabi, H., Pakpour, A. and Miransar, M., 2013. Using geostatistics and geographic information system techniques to characterize spatial variability of soil properties, including micronutrient. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 44:1273–1281. DOI: 10.1080/00103624.2012.758279
- Gamma Design, 2008. **Geostatistics for the Environmental Sciences**. Plainwell, Michigan USA.
- Gangopadhyay, S.K., and Reddy, G.P.O., 2022. Spatial variability of soil nutrients under the rice-fallow system of eastern India using geostatistics and geographic information system. **Journal of Soil and Water Conservation**, 21(1): 55-66.
- Geyik, G. ve Yılmaz, K., 2000. Kahramanmaraş ovası topraklarının yararlı ve yavaş yararlı potasyum içerikleri. **Türk J Agric For.**, 24(6): 655 – 662.
- Gürel, F., 2020. Uludağ göknarı ve uludağ göknarı-sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği. **Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Çankırı.

- Hani, A., Sinaei, N. and Gholami, A., 2014. Spatial variability of heavy metals in the soils of Ahwaz using geostatistical Methods. **International Journal of Environmental Science and Development**, 5(3): 294-298. DOI: 10.7763/IJESD.2014.V5.495.
- Hatipoğlu, E., 2019. Bazı toprak özelliklerinin yersel değişimlerini jeostatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. **Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa.
- Helmke, P.A. and Sparks, D.L., 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. (D.L. Sparks, Editor). **Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods**. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 551-574. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Isaaks, H.E., Srivastava, R.M., 1989. **Applied geostatistics**. Oxford University press, Inc. 561p.
- John, K., Afu, S.M., Isong, I.A., Aki, E.E., Kebunye, N.M., Ayito, E.O., Chapman, P.A., Eyong, M.O. and Penizek, V., 2021. Mapping soil properties with soil-environmental covariates using geostatistic and multivariate statistics. **International Journal of Environmental Science and Technology**. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03089-x>.
- Kahella, A.S.R.A. and Suliman, A.A., 2021. Spatial variability of desert soil in najaf governorate, Iraq using geostatistics. **Plant Archives**, 21 (1): 71-81.
- Karakaya, Y., 2022. Sariseki-Dörtüol arası arazilerde toprak verimlilik parametrelerinin yersel dağılımının modellenmesi ve haritalanması. **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Kars, N. ve Ekberli, İ., 2019. Çarşamba Ovası'nda işlenen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin incelenmesi, **Anadolu Tarım Bilim Derg.**, 34: 210-219. DOI: 10.7161/omuajans.513084
- Kaya, B. ve Uygur, V., 2019. Kireçli anamateryal üzerinde oluşan topraklarda çinko adsorbsiyonu ve toprak özellikleriyle ilişkileri, **Ziraat Fak. Dergisi**, 14(2): 156-165.
- Khadka, D., Lamichhane, S., Giri, R.K., Chalise, B., Amgain, R. and Joshi, S., 2020. Geostatistical based soil fertility mapping of Horticultural Research Station, Rajikot, Jumla, Nepal. **Journal of Agriculture and Natural Resources**, 3(2): 257-275.
- Kumar, M., Kar, A., Raina, P., Singh, S.K., Moharana, P.C. and Chauhan, J.S., 2021. Assessment and mapping of available soil nutrients using GIS for nutrient management in Hot Arid regions of North-Western India. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, 69 (2): 119-132. DOI: 10.5958/0974-0228.2021.00035.9.
- Laekemariam, F., Kibret, K., Mamo, T. and Shiferaw, H., 2018. Accounting spatial variability of soil properties and mapping fertilizer types using geostatistics in Southern Ethiopia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 49 (1): 124-137. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421656>.
- Li, C., Wang, X. and Qin, M., 2021. Spatial variability of soil nutrients in seasonal rivers: A case study from the Guo River Basin, China. **PLoS ONE**, 16(3): e0248655. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248655>.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci Soc Am J.**, 42: 421-428.
- Mondal, B.P., Sekhon, B.S., Setia, R.K. and Sadhukhan, R., 2020. Geostatistical assessment of spatial variability of soil organic carbon under different land uses of

- Nothwestern India. **Agric Res**, 10(3): 407–416. <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00509-9>.
- Mulla, D.J. and Mc Bratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. In: **handbook of soil science**. (M. E. Summer, Editor) CRS Pres. A321-A351.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A., 1954. **Estimation of available phosphorus in soil by extraction sodium bicarbonate**. 19 p. Washington, USDA.
- Özden, N., Uslu, İ., Sökmen, Ö. ve Metinoğlu, F., 2020. İzmir ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikroelement kapsamalarının belirlenerek haritalanması. **Toprak Su Dergisi**, Özel Sayı: 31- 40.
- Özkan, C.F., Arpacıoğlu, A.E., Arı, N., Demirtaş, E.I. ve Asri, F.Ö., 2009. Antalya bölgesinde elma yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının incelenmesi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 2(2): 95-99.
- Özyazıcı, A.M., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H. ve Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 31: 136-148. DOI: 10.7161 ajans.2016.31.1.136-148.
- Parlak, M., Fidan, A., Kızılıçık, İ. ve Koparan, H., 2008. Eceabat ilçesi (Çanakkale) tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi**, 14 (4): 394-400.
- Parlak, M., Çıkılı, Y. ve Çiçek, G., 2020. Kereviz tarlalarının verimlilik durumları ile ağır metal kapsamalarının toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi: Sakarya-Geyve örneği. **ÇOMÜ Zir. Fak. Dergisi**, 8 (1): 173–185. doi: 10.33202/comuagri.686369
- Paz-González, A., Vieira, S.R. and Castro, M.T.T., 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. **Geoderma**, 97: 273-292.
- Ramzan, S. and Wani, M.A. 2018. Geographic information system and geostatistical techniques to characterize spatial variability of soil micronutrients including toxic metals in an agricultural farm. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 49 (4): 463–477. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1431264>
- Reza, S.K., Baruah, U. and Sarkar, D., 2012. Spatial variability of soil properties in brahmaputra plains of North-eastern India: A Geostatistical Approach. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, 60 (2): 108-115.
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Chattopadhyaya, T.S., Mukhopadhyaya, S., Singhb, S.K. and Srinivasan, R., 2016. Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: a geostatistical approach. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 62 (7): 972-981. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2015.1107678>
- Reza, S.K., Nayaka, D.C., Mukhopadhyaya, S., Chattopadhyaya, T., Singh, S.K., 2017. Characterizing spatial variability of soil properties in alluvial soils of India using geostatistics and geographical information system. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 63(11): 1489–1498. DOI: 10.1080/03650340.2017.1296134.
- Richards, L.A., 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. USDA Agriculture Handbook. No: 60.
- SPSS, 2000. **SPSS for windows**. Student Version. Release 10.0.9 Spss Inc IL U.S.A
- Saygın, F., Gürsoy, F.E., Demirdağ, İ. ve 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.

- Sharma, R. and Sood, K., 2020. Characterization of Spatial Variability of Soil Parameters in Apple Orchards of Himalayan Region Using Geostatistical Analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1744637>. (Published online: 24 Mar 2020).
- Sharma, R.P., Chattaraja, S., Vasua, D., Karthikeyana, K., Tiwarya, P., Naitama, R.K., Dasha, B., Tiwaria, G., Jangira, A., Daripa, A., Singh, A., Anantwara, S.G. and Nimkar, A.M., 2020. Spatial variability assessment of soil fertility in black soils of central India using geostatistical modeling. **Archives of Agronomy and Soil Science**. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1766678>. (Published online: 04 Jun 2020).
- Shit, K.P., Bhunia, S.G. and Maiti, R., 2016. Spatial analysis of soil properties using GIS based geostatistics models. **Model. Earth Syst. Environ**, (2):107. DOI: 10.1007/s40808-016-0160-4.
- Suarez, D.L., 1996. Beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium. (D.L. Sparks, Editor). **Methods of Soil Analysis, part:3, Chemical methods**. Number 5 in the Soil Science Society of America Book Series. 575-602. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Tamburi, V., Shetty, A. and Shrihar, S., 2020. Characterization of spatial variability of vertisol micronutrients by geostatistical techniques in Deccan Plateau of India. **Modeling Earth Systems and Environment**, 6:173–182. <https://doi.org/10.1007/s40808-019-00669-w>
- Taşkın, M.B., Akça, O.M., Öztürk, S.H., Türkmen, F. ve Soba, R.M., 2018. Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi**, 6(2): 122-133.
- Taşova, H. ve Akın, A., 2019. İç Anadolu Bölgesi topraklarının bazı verimlilik parametrelerinin belirlenerek haritalanması. **Mediterranean Agricultural Sciences**, 32 (Özel Sayı):1-6. DOI:10.2913/mediterranean.558891
- Terefe, R., Yu, K., Deng, Y., Yao, X., Wang, F. and Liu, J., 2021. Spatial variability of soil chemical properties of Moso bamboo forests of China. **J. For. Res.**, 32 (2): 599–2608. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01251-2>.
- Töreayen, G., Özdemir, İ. ve Kurt, T., 2010. **ArcGIS 10 desktop uygulama dokümanı**. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti. 208 s. Ankara.
- Turan. M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G. ve Taban, S., 2010. Bursa İli alüvyial tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 24(1): 115-130.
- Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1995. **Türkiye gübre ve gübreleme rehberi** (4. Baskı). TC Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, GenelYayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, s. 209-230. Ankara.
- Wang R., Zou, R., Liu, J., Liu, L. and Hu, Y., 2021. Spatial distribution of soil nutrients in farmland in a Hilly Region of the Pearl River Delta in China based on geostatistics and the inverse distance weighting method. **Agriculture**, 11:50. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010050>
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. **European Journal of Soil Science**, 52; 330–340.
- Webster, R. and Oliver, M.A., 2001. **Geostatistics for environmental scientists**. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK.

- Xu, Y., Dong, D., Duan, G., Yu, X., Yu, Z. and Huang, W., 2013. Geostatistical analysis of soil nutrients based on GIS and geostatistics in the Typical Plain and Hilly-Ground Area of Zhongxiang, Hubei Province. **Open Journal of Soil Science**, (3): 218-224. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2013.35026>
- Yağanoğlu, E. ve Aydın, A., 2017. Erzurum İli Hınıs İlçesinde farklı bitkilerin yetiştirildiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 48 (2): 125-131.
- Yağmur, B. ve Okur, B., 2018. Ege bölgesi Salihli ilçesi bağ plantasyonlarının verimlilik durumları ve ağır metal içerikleri. **Tekirdağ Zir. Fak. Dergisi**, 15(1).
- Young, F.J., Hammer, R.D. and Larsen, D. 1999. Frequency distribution of soil properties on a loess-mantled missouri watershed. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, (63):1640- 1646.
- Zhou, H.H., Chen, Y.N. and Li, W.H., 2010. Soil properties and their spatial patterninan oasis on the tarim river, northwest China. **Agricultural Water Management**, 97(11):1915-1922.