

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASINDA TARLA ÖLÇEĞİNDE MESAFEYE BAĞLI
DEĞİŞİMİN JEOİSTATİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Halime ÖZTÜRK

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA
2021**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Toprak Değişkenliği	5
2.2. Jeostatistiksel Metotlar	10
2.2.1. Semivariogram.....	10
2.2.2. Kriging.....	11
2.3. Jeostatistik Uygulamaları	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışma alanının konumu	17
3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri	18
3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri	18
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Toprak örneklemeşi	20
3.2.2. Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri.....	20
3.2.2.1. Toprak tekstürü	20
3.2.2.2. Organik madde.....	21
3.2.2.3. Toprak reaksiyonu (pH)	22
3.2.2.4. Elektriksel iletkenlik	23
3.2.2.5. Kireç analizi	23
3.2.2.6. Yarayışlı fosfor	24
3.2.3. İstatistiksel analizler	27
3.2.4. Mekansal analizler	27
3.2.4.1. Variogram analizi.....	27
3.2.4.2. Kriging haritalama	28
3.2.5. Tahminlerin doğruluğunun belirlenmesi.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	31
4.1. Toprakların Genel Özellikleri	31
4.2. Toprak Parametrelerinin Kriging Yöntem ile Haritalanması	48
4.3. Kriging Yöntemi ile Yapılan Tahminler ve Ölçüm Grafikleri	56
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	64

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASINDA TARLA ÖLÇEĞİNDE MESAFEYE BAĞLI DEĞİŞİMİN JEOİSTATİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Halime ÖZTÜRK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Yıl: 2021 Sayfa:70

Toprak özellikleri, toprak derinliği ile değişkenlik gösterdiği gibi yatay olarak da çok kısa mesafelerde anlamlı değişimler gösterebilmektedir. Bitkisel üretimin verimliliği açısından bu değişimlerin tanımlanması ve alansal dağılımının haritalanması tarımsal uygulamaların (toprak işleme, sulama, gübreleme vs) etkinliğinin artırılması ve toprağın sürdürülebilir kullanımının sağlanması açısından önemlidir. Günümüzde, toprak özelliklerinin parsel bazlı değişimlerine ait veriler birçok gelişmiş ülkede üretilmekte, değişken düzeyli uygulamalar ile gereksiz girdi kullanımı önlemekte ve toprak ve çevre korumaya katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Öğrenci Çiftliği Uygulama Alanı, 25x25 m genişliğinde gridlere ayrılarak toplam 56 noktadan 0-30 cm derinliğinden bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve parçacık boyutları (kum, silt ve kil) organik madde, elektriksel iletkenlik, karbonat içeriği ve mevcut fosfor gibi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Bu örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal analizler tamamlandıktan sonra, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimleri jeoistatistiksel yöntemler ile modellenmiş ve uygun modeller kullanılarak her bir özelliğin parsel bazında değişimleri haritalanmıştır. Çalışma alanında değişkenliği (Varyasyon Katsayısı) en yüksek olan toprak özellikleri sırasıyla elektriksel iletkenliktir (%28.26). Bunu sırasıyla organik madde (24.26) ve yarayırlı fosfor (%19.20), takip etmektedir silt (%11.54), kum (%10.96), kil (%6.96), kireç (%4.88) ve pH (%1.51) dir. Modellerin güvenilirliğinin göstergesi olarak değerlendirilen Toprak parametrelerinin hata kare ortalamasının karekökü (RMSE) değerlerine göre kum (2.9175), kil (3.3915), pH (0.1248), organik madde (0.3465) ve kireç (1.8179) parametreleri küresel variogram modeline en iyi uyumu gösterirken; fosfor (0.6385) ve silt (3.1202) parametreleri üssel variogram modeline en iyi uyumu göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Hassas tarım, Jeostatistik haritalama, Mekânsal dağılım, Toprak özellikleri, Toprak değişkenliği

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF THE SPATIAL VARIABILITY IN FIELD SCALE BASED ON THE DISTANCE IN THE HARRAN PLAIN BY GEOSTATISTICAL METHODS

Halime ÖZTÜRK

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Year: 2021 Pages:70**

Soil properties vary with the depth of the soil, as well as horizontally, and they can also show significant changes at very short distances. Defining these changes and mapping their spatial distribution are important in terms of increasing the efficiency of agricultural practices (tillage, irrigation, fertilization, etc.) and ensuring sustainable use of the soil. Today, data on field scale -based changes of soil properties are produced in many developed countries, in order to prevent unnecessary input use with variable level applications and contribute to soil and environmental protection. In this study, a field plot re-sampled Harran Plain was divided into grids of 25x25 m width and degraded soil samples were taken from 0-30 cm depth from 56 points and analyzed some physical and chemical properties such as particle sizes (sand, silt and clay) organic matter, electrical conductivity, carbonate content and available phosphorus. Then, the distance-dependent changes of soil properties were modeled with geostatistical methods and the changes of each feature on a field-scale based were mapped using appropriate models. In the study area, soil properties with the highest variability (Coefficient of Variation) are respectively electrical conductivity (28.26%). This is followed by organic matter (24.26) and available phosphorus (19.20%) silt (11.54%), sand (10.96%), clay (6.96%), carbonate content (4.88%) and pH (1.51%). According to the root mean square error (RMSE) values of the soil parameters evaluated as an indicator of the reliability of the models, sand (2.9175), clay (3.3915), pH (0.1248), organic matter (0.3465) and carbonate content (1.8179), while the parameters showed the best fit for the spherical variogram model, the phosphorus (0.6385) and silt (3.1202) parameters showed the best fit for the exponential variogram model.

KEY WORDS: Geostatistical mapping, Precision agriculture, Soil properties, Soil variability, Spatial distribution

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, manevi ve maddi katkılarını esirgemeyen, beni her zaman destekleyen bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım danışman hocam Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN'a; Jeoistatistik konusundaki bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, değerli görüşlerini ve yapıcı eleştirilerini esirgemeyen Prof. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ'ye; jürimde görev alan Prof. Dr. Hikmet GÜNAL ve Doç.Dr. Mesut BUDAK hocalarımıza çok teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Ayrıca yoluma ışık tutan sayın Prof.Dr. Mehmet Ali ÇULLU hocama, tez konusundaki becerilerini benimle paylaşan ve her zaman desteğiyle motive eden kıymetli arkadaşım doktora öğrencisi Mehmet Ali EMİNOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.Yüksek Ziraat Mühendisi Fatma KAPLAN'a arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımı ve istatistik analizlerin değerlendirilmesindeki desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Tez çalışması süresince bana sabır gösteren desteklerini her zaman hissettiğim Aileme sonsuz teşekkür eder, bu çalışmayı onlara atfederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3. 1. Çalışma alanının uydu görüntüsü ve örnekleme noktaları	17
Şekil 3. 2. Organik madde analizi	22
Şekil 3. 3. pH metre cihazı	23
Şekil 4. 1. Kum parametresine ait semivaryogram grafiği	40
Şekil 4. 2. Kil parametresine ait semivaryogram grafiği	41
Şekil 4. 3. Silt parametresine ait semivaryogram grafiği	42
Şekil 4. 4. Kireç parametresine ait semivaryogram grafiği	43
Şekil 4. 5. pH parametresine ait semivaryogram grafiği	44
Şekil 4. 6. EC parametresine ait semivaryogram grafiği	45
Şekil 4. 7. Organik Madde parametresine ait semivaryogram grafiği	46
Şekil 4. 8. Fosfor parametresine ait semivaryogram grafiği.....	47
Şekil 4. 9. Çalışma alanı eğim sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	51
Şekil 4. 10. Çalışma alanı kil sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	52
Şekil 4. 11. Çalışma alanı silt sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	52
Şekil 4. 12. Çalışma alanı kum sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	53
Şekil 4. 13. Çalışma alanı organik madde sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü.....	53
Şekil 4. 14. Çalışma alanı kireç sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	54
Şekil 4. 15. Çalışma alanı pH sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	54
Şekil 4. 16. Çalışma alanı Ec sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	55
Şekil 4. 17. Çalışma alanı fosfor sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü	55
Şekil 4. 18. Kil parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği(RMSE: 3.23)	57
Şekil 4. 19. Kum parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 2.97).....	57
Şekil 4. 20. Silt parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE:3.11)	58
Şekil 4. 21. Kireç parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 2.49).....	58
Şekil 4. 22. pH parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.11).....	58
Şekil 4. 23. EC parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 143.78).....	59
Şekil 4. 24. Organik madde parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.33)	59
Şekil 4. 25. Fosfor parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.66)	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2. 1. Türkiye toprakları ve Güneydoğu Bölgesi organik madde durumu (Doğan, 1991).....	6
Çizelge 2. 2. Topraktaki organik madde sınır değerleri (Doğan, 1991)	7
Çizelge 2. 3. Elektriksel iletkenliğin tuzluluğa etkisini belirleme değerleri (Yüzbaşıoğlu ve Dağlıoğlu, 2011).....	8
Çizelge 2. 4. Topraktaki yarıyıllık fosfor sınır değerleri (TOVEP, 1991)	9
Çizelge 3. 1. Şanlıurfa ili meteoroloji istasyonu uzun yıllar iklim verileri (1929-2019.MGM).....	19
Çizelge 3. 2. Toprakların kireç içeriklerine göre durumları	24
Çizelge 4. 1. Toprak parametrelerine ait tanıttıcı istatistikler.....	32
Çizelge 4. 2. Toprak özellikleri korelasyon analizi	36
Çizelge 4. 3. İncelenen toprak özellikleri için tanımlanan semivaryogram modelleri ve model parametreleri.....	37
Çizelge 4. 4. Kriging yönteminde kullanılan farklı modellerde elde edilen RMSE değerlerinin karşılaştırılması.....	56
Çizelge 4. 5. Toprak parametreleri RMSE değerleri	60

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Al	Alüminyum
B	Bor
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
Cu	Bakır
EC	Elektriksel iletkenlik
Fe	Demir
mg/kg	Miligram/Kilogram
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
OM	Organik madde
P	Fosfor
pH	Hidrojen iyon konsantrasyonu
ppm	Milyonda bir parça
RMSE	Root Mean Square Error
TP	Toplam fosfor
VK	Varyasyon katsayısı
YP	Yarayışlı fosfor
Zn	Çinko

1.GİRİŞ

Toprak kavramıyla ilgili ilk bilimsel yaklaşım, 1879'da Rusya'da Dokuchaev tarafından önerilmiştir (Buol ve ark., 1973). Toprak oluşması uzun zaman alan, yenilenemeyen doğal bir kaynaktır. İnsan varlığını devam ettirmek için temelde beslenme gerekli olduğundan toprak ve tarım insanlık için vazgeçilmez bir araştırma konusu olmuştur. Sürdürülebilir tarım perspektifinden bakıldığında, birim alandan alınacak verimi arttırmaya yönelik çalışmalar günümüzde parsel bazlı veri üretimine geçmiştir. Topraklarda sürdürülebilirlik toprağın tüm niteliklerinin irdelenmesi, toprak amenajmanının doğru bir şekilde yapılması ve ayrıca toprak kalite parametrelerinin düzenli olarak takibine bağlıdır. Ancak, geniş alanlarda Toprak örnekleme için çok sayıda toprak örneğinin toplanması ve analiz edilmesi gerekliliği, örnekleme yapılmayan alanların toprak özelliklerini doğru bir şekilde tahmin edebilen bir enterpolasyon yönteminin belirlenmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle daha az noktadan alınacak örnekler ile geniş alanlarda doğru bilgi üretmek ve doğru planlama yapmak uygun toprak yönetim sistemlerini belirlemeye olanak sağlar (Özdemir ve ark., 2019).

Yeryüzündeki karasal arazi varlığının (13.2 milyar ha) yaklaşık %12'sinde (1.6 milyar ha) işlemeli tarımsal üretim yapılmaktadır. Geri kalan %28'i (3.7 milyar ha) orman, %35 (4.6 milyar ha) otlak olarak kullanılmaktadır (FAO, 2011). Bu alanlardaki toprak özellikleri çok büyük değişkenlikler göstermektedir. Toprak kalitesini koruyarak toprağın sürdürülebilir kullanımını sağlamak, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği için çok önemlidir (Erdoğan ve ark., 2018).

Toprak farklılıklarının kontrol edilmesi, tanımlanması ve sınırların çizilmesi, toprak etüd ve haritalama konularıdır. Toprak haritaları, toprakların potansiyellerine göre kullanılmasına olanak sağlarlar. Bu amaçla yapılan toprak etüd ve haritalamalarında işin detay düzeyine göre arazide ve ofiste yapılan işlemler ile toprak haritaları üretilmektedir. Elde edilen haritalar, kullanıcılar için son derece önemlidir. Günümüzde toprak haritalarından, coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulamalarında, tarım, yönetim, hassas tarım, üretim modelleme araştırması ve çevresel etki modellemesi

alanlarında yaygın olarak yararlanılmaktadır (Di ve ark., 1989; Ragowski ve Wolf, 1994).

Topraklar, doğal süreçlerin ve yönetim uygulamalarının farklı zamansal ve mekansal parametreler üzerindeki etkisinin neden olduğu değişkenlikleri içerirler. Doğal farklılıklar; karmaşık jeolojik ve pedolojik süreçlerden kaynaklanmaktadır. Toprak oluşturan faktörlerdeki farklılıklar (ana materyal, bitki örtüsü ve canlılar, topografya, iklim ve zaman) değişkenliğin ana nedenleri olsa da, yönetim uygulamaları toprak değişkenliğini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Bu faktörlerden toprak oluşum faktörleri uzun mesafelerde değişkenliğin sebebi olarak kabul edilirken, yönetim uygulamalarının toprak özelliklerini kısa mesafelerde değişkenlik göstermesine neden olduğunu tespit etmişlerdir (Wilding ve ark., 1994; Castrignano ve ark., 2000).

Toprak oluşturan faktörler ve süreçler farklı zamansal ve mekansal ölçeklerde etkileşim halinde olduğundan toprak değişkenliği ölçeğe bağlıdır. Arazi kullanımının değişkenliğinin öneminin anlaşılmasından sonra, toprak minerallerinin yapısındaki ve kimyasal bileşimindeki değişiklikleri belirlemek için küresel ölçekten mikro ölçekli araştırmalara kadar toprak heterojenliği üzerine araştırmalar yapılmaya başlanmıştır (Trangmar ve ark., 1985).

Günümüzde arazi kullanımı daha yoğun olduğundan, toprağın dağılımının ve davranışının daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Kullanıcılar yönetim kararlarını daha doğru bir güven aralığında verebilmek için toprak etüdü ve haritalama biriminin değişkenlik miktarını ve türünü bilmek istemektedir. Örneğin, belirli bir güven aralığında haritalama birimlerinin ortalama değerinin bilinmesi gereklidir. Ek olarak, haritalama birimi içerisinde tahmin yapılacaksa, uzaysal değişkenliğin yapısı hakkındaki bilgiler de gereklidir (Nordi ve ark., 1991).

Topraklarla ilgili saha çalışmalarında, alan, çiftlik veya parsel düzeyinde toprak özelliklerinin ortalama değeri ve değişim aralığı hakkındaki verilere ihtiyaç vardır (Jansen ve Arnold, 1976). Bu çalışmalarda kullanılacak örnekleme yöntemi, örnek sayısı ve örnekler arasındaki mesafe çok önemlidir. Örneklemede, uygun örnekleme

yöntemleri kullanılarak yeterli sayıda örnek alınamazsa, toprak hakkında yeterli bilgi elde edilemez. Aksine çok fazla numune alınırsa gereksiz emek, para ve zaman israfı olur. Bu nedenle, geleneksel ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak, alanı temsil etmek için gerekli hata düzeyinde yeterli örnek sayısı belirlenebilmektedir (Brubaker, 1989; Brubaker ve Halmark, 1991).

İstatistik, gözlemlere dayalı olarak yorumlamadaki belirsizliği değerlendirmek için geliştirilen ve uygulanan yöntem ve kurallar bilimidir. Jeostatistik ise yer bilimlerinde karşılaşılan tahmin problemlerini çözmek için kullanılan uygulamalı bir istatistik dalıdır. Başka bir deyişle, jeostatistik, incelenen özelliklerin mevcut gözlemlerini kullanarak örnekleme dışı noktaların değerini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Toprak özelliklerindeki mekansal değişkenlikler jeostatistik yöntemlerle açıklanabilmektedir. Tüm bu teknikler "jeostatistik" teriminin doğmasına yol açmıştır. Jeostatistiksel modelleme bu araştırmanın konusu olup, son yıllarda sayısal toprak haritalama, toprak verimliliği, toprak kirliliği ve gözlem araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Geleneksel yöntemler, toprak özelliklerindeki değişkenliği farklı yorumlamaktadır. Geleneksel istatistik, topraktaki değişkenliğin rastgele olduğunu ve değişkenliğin mekansal olarak ilişkisiz olduğunu, yani arazide her noktada alınan numunelerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Geleneksel istatistikler, aritmetik ortalama, standart sapma ve bir örnekten hesaplanan varyasyon katsayısı gibi parametreleri kullanır. Ancak sahada yakın noktalardan alınan numuneler, uzak noktalardan alınan numunelere göre daha çok benzerlik göstermektedir (Goovaerts, 2001).

Tarım yapılan her arazinin toprağının analizinin yapılması hem işçilik hem de yüksek maliyet gerektirmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve bilgisayar kullanımıyla birlikte jeostatistik, insan gücü ve zamandan tasarruf sağlayan, sonuçlar

arasındaki ilişkiyi değerlendirerek arazi özelliklerinin tahmin edilmesini destekleyen bir yöntem olarak ilgi görmektedir (Yates ve Warrick, 1986).

Bu çalışmanın başlıca amaçları;

- Çalışma alanı topraklarının mekânsal değişkenliğini haritalamak
- Araziyi temsil edebilecek ideal örnek sayısının belirlenme

Bu amaçla çalışma alanında 25 x 25 m genişliğinde gridler ile oluşturulmuş örnekleme desenine göre 56 noktadan yüzey (0-30 cm) toprak örnekleri alınarak değerlendirilmiştir. Örnekleme noktalarının belirlenen toprak özellikleri dikkate alınarak, çalışma alanının yersel değişim modeli jeostatistiksel yöntemler ile belirlenmiş ve CBS ortamında haritalanmıştır.

Bu çalışma, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı olarak değişkenliğinin önemine ve bu değişkenliğin arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalarla ilgili kararlar alınmasında gerekli olduğuna bir örnek teşkil etmiştir. Farklı toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğinin değerlendirmesi, toprak oluşum faktörleri aynı olmasına rağmen küçük bir parsel içerisinde dahi verimliliğe etki eden özelliklerin önemli düzeyde değişkenlik gösterebileceğini göstermesi bakımından önemlidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprak Değişkenliği

Mulla ve McBratney (2000), toprak; iklim, bitki örtüsü ve topoğrafyanın jeolojik ana materyaller üzerine zaman içerisindeki etkisinin bir sonucu olduğunu ve toprakların, onları oluşturan jeolojik ana farklı ve katmanlarının birbirinden ayırt edici özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Horizonların organik madde, renk, yapı, doku, pH, alkali doygunluk, katyon değişim kapasitesi, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi bakımından birbirinden farklı olduğunu bulmuşlardır (<https://acikders.ankara.edu.tr>, 2021).

Goderya (1998), doğal değişkenlik, jeolojik materyal ve pedolojik süreçlerden kaynaklanmaktadır. Toprak oluşumunda pedojenik süreçler belirli iklim ve bitki örtüsü koşulları altında, ana materyalin biyolojik aktivitesinin, ayrışma reaksiyonunun toprak profili boyunca su ile ayrışma ürünlerinin taşınması olaylarının bir bileşenidir. Homojen ana materyalin ayrışması yalnızca küçük bir toprak miktarı için etkilidir ve ana materyalin kendisi kısa bir mesafede düzensiz bir şekilde değişkenlik göstermektedir. Ana materyal, homojen kayalardan oluşsa dahi kayaların kimyasal bileşimi ve mineral yapısı farklı olabilmektedir. Erozyon ve toprak materyalinin depolanması olayları, doğal süreçleri bozar ve birçok alanda değişkenliği artırır. Dolayısıyla yerinde oluşmuş topraklar taşınmış materyalden oluşmuş topraklara göre daha az değişkendir. Yüzey sularının hareketi ile toprak kayıpları, taşınma ve birikme olayları topraklarda kısa mesafe değişkenliklerine sebep olduğunu tespit etmiştir.

Goderya (1998), iklim ve topografya, toprak değişkenliğine sebep olan önemli faktörlerdir. Özellikle, sıcaklık ve yağış gibi bölgesel düzeyde toprağın değişkenliğine yol açmış ve bu topografyadaki farklılıklar, toprak özelliklerinde de farklılıklara yol açabildiğini belirtmiştir. Toprak sistemindeki fiziksel ve kimyasal işlemler dikey ve yatay değişikliklere neden olabilir. Topraktaki biyolojik olaylar da yersel değişkenliği artırmaktadır. Toprak değişkenliğini artıran bir diğer faktör de arazideki tarımsal uygulamalardır. Uygulanan farklı yönetim sistemleri nedeniyle, aynı serideki topraklar

önemli düzeyde farklı özelliklere sahip olabilir. Ayrıca farklı serilerde yer almasına rağmen benzer özelliklere sahip topraklar aynı yönetim altında bulunabildiğini bildirmiştir. Tarım arazilerine hayvan artıkları ve gübre ilavesi, sulama suyu ve toprak işleme önemli değişkenlik kaynaklarıdır. Pullukla işleme, arazi tesviyesi, toprak altı sürülmesi ve kanallarının açılması, strüktür ve su bütçesinde değişkenliklere yol açtığını belirtmiştir.

Tuncay (2004), toprağın organik madde içeriği, iklim koşullarına ve arazi kullanım modellerine göre değişir. Tarım toprakların organik madde içeriği %1 ile %6 arasında değişkenlik gösterebildiğini belirtmektedir. Doğan (1991), topraktaki organik madde içeriği düşük gibi görünse de fiziksel ve kimyasal aktivite yönünden oldukça önemlidir. Türkiye topraklarının yaklaşık olarak %65'inin organik madde içeriği %2'den azdır. Organik maddenin yüksek olduğu araziler toplam arazi varlığımızın sadece %4,5'ini oluşturur. Harran Ovası'nın içerisinde bulunduğu Güneydoğu Bölgesi'nde ise toprakların yaklaşık olarak %60'ının organik madde içeriği %2'den az olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye toprakları ve Güneydoğu Bölgesi organik madde durumu (Doğan, 1991)

Organik Madde (OM) Oranı (%)	Türkiye Topraklarının OM Dağılımı (%)	Güneydoğu Bölgesi'nin OM Dağılımı (%)
<%1	21.47	17.2
%1-2	43.78	43.08
%2-3	22.62	27.36
%3-4	7.57	7.96
>%4	4.56	4.4

Çizelge 2. 2. Topraktaki organik madde sınır değerleri (Doğan, 1991)

Organik Madde %	Sınır Değeri
0-2	Fakir
2-5	Az
5-10	Yüksek
10-15	Zengin
15-20	Çok zengin
>20	Organik toprak

Taban (2013), organik madde (OM) iyi tarımın, yüksek kaliteli ve bol ürünler için önemi tartışılmazdır. Organik madde, toprak özelliklerinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Toprağın oluşumuna katkı sağlar ve erozyonu oluşumunu azaltır, su tutma oranına ve havalanmasına olumlu etki eder. Toprağın sıkışmasını önleyip toprak yüzeyinde parlak tabakaların oluşumunu azaltmaktadır. Önemli besinlerin (azot ve fosfor gibi) alımını sağlar. Bitki ve mikroorganizmaların yanı sıra sağlıklı kök gelişimi için bir besin kaynağı olduğunu belirtmiştir.

Anonim (2015), erozyonla toprak kaybının önlenmesinde organik madde önemli rol oynamaktadır. Bunun temel nedeni, topraklar arasında bir bağlantı görevi görerek toprağın birbirine bağlanmasını sağlar ve toprağın havalanmasına yardımcı olur bunun yanı sıra toprağın sıkışma riskini azaltır. Toprağın yapışkanlığını düzenlediği için toprağın tavrda kalmasını sağlayarak toprağın işlenmesini kolaylaştırmaktadır. Atmosferdeki C'nin tutulması da OM'nin topraktaki içeriğiyle doğru orantılıdır. Ağır metaller gibi birçok kirleticinin negatif yöndeki etkisini düşürür. Bitkinin besin elementlerini kendi bünyesinde tutar ve suyla kaybolmasını engellediği için gelişime katkıda bulunur. Bu etkenlere bakıldığında OM'nin toprak için çok önemli olduğunu vurgulamıştır.

Öztürk ve Özdemir (2006), toprak yapısını bir arada tutan stabil malzemenin önemli bir kısmı OM'nin bozunması ile oluşur. Çalışmalar, OM'nin ayrışmasıyla önce enerji ve proteinin, ardından besinlerin ve viskoz sıvının geldiğini göstermiştir. Bu viskoz sıvılar, zemin bloklarını birbirine bağlar ve stabil agregatları oluşturur. Yapışmanın, bozunma işlemi sırasında açığa çıkan hümik asitlerin veya hümik asit

bileşiklerinin varlığına veya organik maddenin ayrışması sırasında oluşan büyük miktarda glikoz ve poliüronidlerin varlığına da bağlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Ünal (1981), topraktaki alkali tuz miktarının artmasıyla fosfatın çözünürlüğü de artmaktadır. Toprağın pH'ı 7.5-8.2'ye ulaştığında P kalsiyum bikarbonatın hakim olduğu toprakta trikalsiyum fosfata parçalanır. pH 8.2'den büyükse ortamdaki CO₃ iyonları artarak Ca iyonları çöker. Kalsiyum çökmesinin sonucu Na iyonları ortama hakim olur ve sodyum fosfat oluşur. Ancak Na; toprağın disperse olmasına neden olur ve verimi azaltır. Bunun sonucunda ortamdaki P miktarı artmasına rağmen fazla Na iyonları ve yüksek pH nedeniyle P bitki büyümesi için elverişsiz hale geldiğini gözlemlemiştir. Harran Ovası'nın genel pH dağılımı ortalama olarak 7.7-8.1 arasında değişim gösterirken; EC dağılımı ise 0.56-2.0 dS/m arasında değişiklik göstermektedir (DSİ, 1971).

Toprakta bulunan nitrojen (N) ve Fosfor (P) verimlilik, üretim bakımından önemlidir. N ve P besin elementleri bitkinin büyümesi için fotosentez sürecini ve bitki üretimiyle ilgili diğer süreçleri etkiler. N ve P döngüleri küresel iklimin etkisini azaltmaktadır (Lal, 2004).

Çizelge 2. 3. Elektriksel iletkenliğin tuzluluğa etkisini belirleme değerleri (Yüzbaşıoğlu ve Dağlıoğlu, 2011)

EC	Tuzluluğa olan etkisi
0-2	Tuz etkisi yok
2-4	Bazı duyarlı bitkilerde verim düşer
4-8	Ekseri bitkiler zarar görür
8-15	Sadece dayanıklı bitkiler yetişir
>15	Sadece ot ve tuza duyarsız bitkiler yetişir

Vincent ve ark. (2014), fosfor önemli bir makro besin maddesidir. Fosforun canlıya yararlı olması organik P'nin mineralizasyonu ile düzenlenmektedir. Fosforun canlıya yararlılığında sıcaklığın önemli bir fonksiyonu vardır. Bu olay farklı özelliklerinde farklı bitki topluluklarında değişim gösterebilir. Bu nedenle kuzey İsveç'te yüksekliği kullanarak çayır bitki örtüsünde, fundalıklarda P sorpsiyon kapasitesini sıcaklığın etkisinde araştırılmıştır.

Değişken P fraksiyon yoğunluğunun yüksekliğin artmasıyla düşen sıcaklıkta azalacağını öngörmüşlerdir. Yapılan çalışma sonucunda istenilen sonuçlara ulaşılmıştır. Yüksekliğin artışıandolayı sıcaklığın azalması nedeniyle her iki bitki vejetasyon tipinde YP'nin azaldığı tespit etmişlerdir.

Yarayışlı fosfor (YP)'nin topraklarda hangi düzeyde olduğunu belirlemek için belirli sınır değerleri oluşturulmuştur. Yapılan toprak analiz sonuçları oluşturulan bu sınır değerleri ile kıyaslanarak topraktaki sınıfının hangi düzeyde olduğu belirlenmektedir. Tovep'in oluşturduğu YP sınır değerleri çizelge 2.4.'de verilmiştir (Tovep, 1991).

Çizelge 2. 4. Topraktaki yarayışlı fosfor sınır değerleri (Tovep, 1991)

Yarayışlı Fosfor (mg/kg)	Sınıflandırma
< 2.5	Çok düşük
2.5-8	Düşük
8-25	Yeterli
25-80	Yüksek
>80	Çok yüksek

Kacar ve ark. (1997), topraklardaki P'nin bitkiler tarafından alımı bölgelere, iklim şartlarına, toprak reaksiyonuna, toprağın içindeki bileşenlere, toprakların kil tiplerine göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Kayaçlar ve mineraller topraktaki P'nin ham maddesidir. Türkiyedeki toprakların toplam fosfor (TP) miktarını belirlemek için yapılan çalışmalarda en fazla TP içeriği Çarşamba Ovasında 978 mg/kg en az TP içeriğinin ise Trakya civarında 449 mg/kg olduğu tespit etmişlerdir.

Dünya genelinde TP bakıldığında bu oran ana materyal ve iklim koşullarının etkisine bağlı olarak 100-3000 mg/kg civarındadır. Ana materyalin kireç taşından oluştuğu topraklarda TP oranı daha yüksek miktardadır (George ve ark., 2003).

Saygan (2007), Harran Ovası'nda yapılan çalışmalarda YP içeriğinin araştırma alanının çoğu yerinde 0-20 cm derinliğinde yeterli olduğu belirlenmiştir. Alt derinliklerde ise yetersiz olduğu belirlenmiştir. Örnek alınan noktaların YP içerikleri 0-20 cm derinliğinde 2-36 mg/kg. 20-40 cm derinliğinde 1-23 mg/kg. 40-60 cm

derinliğinde ise 0.2-21 mg/kg olarak belirlenmiştir. Ovanın OM (organik madde) içeriğinin %0.1-1.6 aralığında olup bu değer olması gereken miktarın çok altındadır. Buna göre bulduğu sonuç ovanın toprakları kireç miktarı yüksek olup. %14-38 arasında olduğunu ve tekstür bakımından genel olarak sınıfı killi olduğunu bulmuştur.

2.2. Jeoistatistiksel Metotlar

Toprak değişkenliğinin tahmini için jeoistatistiksel yöntemler; bilinmeyen yerlerin değerini tahmin etmeye ve bilinmeyen yerlerin tahmin haritasını tahmin etmeye yardımcı olmak için toprak özelliklerinin mekansal korelasyonunu kullanır (Goovaerts, 2001). Düzenli Kriging, bölgesel değişkenler teorisine dayanan stokastik bir tekniktir ve sayısal toprak haritalamasında en yaygın kullanılan jeoistatistik yöntemlerinden biridir (McBratney ve ark., 2000).

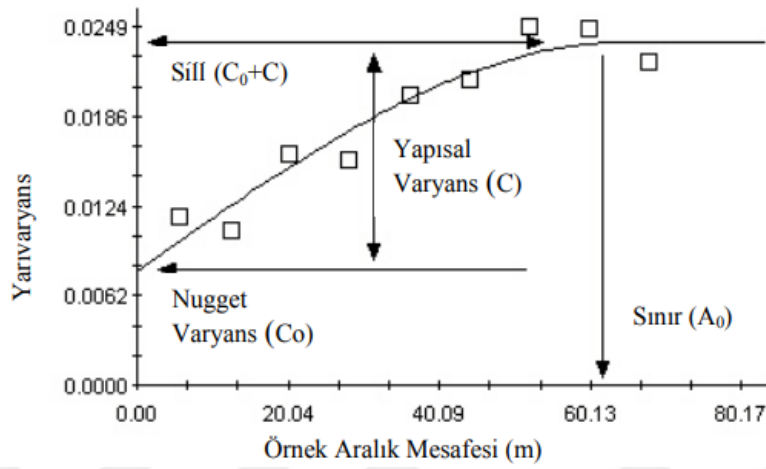
Yaygın kabul gören bir teknik olduğu için sıklıkla diğer yöntemlerle karşılaştırma amacıyla kullanılmaktadır (Bishop ve McBratney, 2001; Scull ve ark., 2005).

Son yıllarda, mekansal istatistiksel yöntemler önemli ölçüde gelişmiş ve jeoistatistikten başlayarak, bulanık mantık (fuzzylogic) ve karar (decision) ve regresyon ağacı (regressiontree) analizleri gibi daha karmaşık yöntemlere geçilmiştir. Jeoistatistik alanındaki her ilerleme, sayısal toprak haritalamasına başarıyla uygulanmıştır. İlk olarak, toprak biliminde jeoistatistiksel analiz, küçük alanlardan elde edilen toprak özelliklerinin mekansal enterpolasyonu için kullanılmıştır. Uzun zamandır toprak etüdü ve haritalamada sıradan kriging tekniği kullanılmaktadır (Odeh ve ark., 1992; Burrough ve ark., 1992).

2.2.1. Semivariogram

Mulla ve McBratney (2000); Oliver ve Webster (1991),’a göre mekansal bağımlılık semivariogram yardımıyla ortaya konulmaktadır. Şekil 2.1.’de basit olarak görüldüğü gibi Nugget, Co olarak nitelendirilen, aynı zamanda hatalı ölçüm ve değişik

sebeplere dayanarak oluşan varyans ölçüsünü ifade eder. Noktalar arasındaki bağımlılığın sınırı olarak görülen Range değeri A_0 olarak belirtilir. Noktalar arasındaki mesafe arttıkça semivaryans değeri de artar. Ancak bir noktadan sonra bu değerdeki artış azalmaya başlar. Semivaryansın zirve noktasını ifade eden değere ise Sill adı verilir. Sill değeri C_0+C ile belirtilmektedir. Range mesafesi, uzaysal bağımlılıkta son nokta olarak bilinir. Bu noktadan sonra parametreler uzaysal olarak bağımsız kabul edildiğini bildirmişlerdir.



Şekil 2.1. Semivaryogram grafiği (Mulla ve Mc Bratney, 2000)

2.2.2. Kriging

Chang (2004), kriging (adını Güney Afrikalı maden mühendisi D.G. Krige'den almıştır), mekânsal enterpolasyon için kullanılan jeostatistiksel bir yöntem olarak tanımlamıştır. Kriging tekniği, özelliklerin mekansal varyasyonunun (cevher kütlelerindeki kalite farklılıkları gibi) ne tamamen rastgele ne de deterministik olmadığını varsayar. Aksine, mekansal varyasyon üç bölümden oluşabilir: bölgesel değişkenlerin değişimini temsil eden mekansal olarak ilgili kısım; ve eğilimi temsil eden yapı veya sapma; ve rastgele hata terimidir. Bir sapma varlığı veya yokluğu ve bölgesel değişkenin yorumu mekânsal enterpolasyon için farklı kriging yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Literatürde yer alan kriging türleri; Ordinary Kriging, Universal Kriging, Block Kriging, CoKriging olarak adlandırılmaktadır.

Kriging, sayısal toprak haritalama için jeostatistiksel yöntemler sağlayan bir uzaysal enterpolasyon yöntemidir. Yeryüzünde doğal özelliklerin (toprak gibi) sürekli değiştiği kavramını kullanır ve bu sürekli değişen doğa nedeniyle, uzayda birbirine yakın konumların, daha uzaktaki konumlara göre birbirine benzer olma olasılığının daha muhtemel olduğu kavramını kullanmaktadır (Oliver ve Webster, 1990). Kriging, esasen yerel ağırlıklı ortalamaya dayalı bir tahmin yöntemidir.

Kriging x_0 konumunda yer alan örneklenmemiş değişken Z 'yi tahminler. $z(x_0)$, tahmini çevreleyen örnek lokasyonlardaki n gözlemlerin doğrusal ağırlıklı bir toplamıdır:

$$\hat{z}(x_0) = \sum \lambda_i z(x_i) \quad [1]$$

Burada; (x_i) ; $z(x_i)$ örnek noktasındaki değişkeninin bilinen değeri ve λ_i ağırlıktır. (Oliver ve Webster 1990). Kriging ağırlıkları (λ_i) bir variogram modelinden belirlenir.

Sıradan (Ordinary) Kriging, bilinmeyen konumu tahmin etmek için yalnızca bilinen örnek konumu ile bu noktadaki özellik değerleri arasındaki mesafeyi kullanır. Sabit ortalama ve durağan varyansı varsayar. CoKriging, iki veya daha fazla değişkenin birbirine bağımlı olduğu ve hesaplanacak değerlerin birbirleriyle ilişkili oldukları kadar yoğun örneklenemediğini varsayan, sıradan kriging'in mantıksal bir uzantısıdır (Myres, 1982; Oliver ve Webster, 1990). Evrensel (Universal) Kriging, kayma veya varyasyondan ve rastgele bileşenleri içerdiği varsayımını kullanılır (Olea, 1975). Ayrıştırıcı (Distinctive) Kriging, doğrusal olmayan veri kombinasyonları aracılığıyla özelliğin minimum varyansının tahminini sağlayan ve gerçek değerini tanımlanmış bir eşiğe eşit veya bundan büyük olma olasılığını belirleyen daha gelişmiş bir araçtır (Yates ve ark., 1986; Oliver ve Webster, 1990).

2.3. Jeostatistik Uygulamaları

Değeri bilinen noktanın değeri bilinmeyen noktalar hakkında tahmin etmek için kullanılmasına uzamsal enterpolasyon denir. Bilinen değerlere sahip noktalara bilinen noktalar, kontrol noktaları, örnekleme noktaları veya gözlemler denir.

Robinson ve ark. (1995), kontrol noktaları, genellikle matematiksel denklemler olmak üzere uzamsal enterpolasyonda enterpolatörlerin geliştirilmesi için veri sağladığını ve bu kontrol noktalarının sayısı ve dağılımı, uzamsal enterpolasyonun doğruluğunu büyük ölçüde etkilediğini vurgulamışlardır.

Öztaş (1995),’a göre jeostatistiksel yöntem iki aşamadan oluşur: semivariogram yöntemi ve kriging yöntemi. Semivariogram analizi, toprak incelenmesi nedeniyle ortaya çıkan özelliklerin, yani örnekleme noktaları arasındaki komşuluk ilişkisinin mekansal bağımlılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Kriging analizi bu ilişki nedeniyle kabul edilmeyen alanlardaki toprak içeriğini tahmin etmek için kullanılmakta olduğunu bildirmiştir.

Yang ve Hodler (2000), jeoloji araştırmaları için yerel yöntemlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Yerel enterpolasyon bir dizi bilinen nokta kullandığından örneklerin nasıl seçileceğini anlamak önemlidir. Örneklemenin ilk adımı tahminde kullanılacak nokta sayısıdır. CBS yazılımı genellikle kullanıcıların noktaları belirlemesine veya varsayılan değerleri kullanmasına izin verdiğini belirtmişler. Daha fazla nokta girmenin daha doğru bir tahmin verebileceği varsayılabilir. Ancak bu varsayımın geçerliliği tahmin edilecek birimin bilinen noktalarının dağılımına uzamsal otokorelasyon aralığına ve verilerin kalitesine göre değişmektedir.

Jeostatistiksel yöntemler, değişkenlerin değerlerini örnek noktalar arasında tahmin etmek ve tahmindeki hatayı en aza indirmek için parametrelerin mekânsal dağılımını kullanarak mekansal davranışı karakterize etmek için kullanmıştır (Dikici, 2001).

Webster ve Oliver (2001), jeostatistiksel analiz yapmadan önce dikkat edilmesi gereken nokta, analiz sonucunun normal dağılım gösterip göstermediğidir bu nedenle analiz sonucunun normal dağılım için test edilmesi gerekir.

Normal dağılım göstermeyen sonuçlar kullanıldığında, tahmin hataları olasılığı arttığını belirtmişlerdir.

Jeoistatistiğin temel amacı, örnek alınmamış alanlardaki hedef varyasyonların ve parametrelerin yersel yapısını araştırmaktır. Bu nedenden dolayı jeostatistik kullanılabilecek önemli bir tekniktir. Geoistatistik, yersel verilerdeki otokorelasyonu analiz etmek için yöntemler içermektedir. Geoistatistiğin önemli bir özelliği yarı değişkenliği mekânsal sürekliliği ölçer (Zhang ve ark., 2011).

Toprakların heterojen bir yapı göstermesi sebebiyle, belirlenmiş alanlardan toprak numunesi alınarak yapılan analizlerin sonuçlarından basit istatistiksel tahminler oluşturmak yanlış tahminlerde bulunulmasına neden olduğunu savunmuştur. Bu yüzden istatistiksel analizler için araziden alınan örneklem noktalarındaki toprak örneklerinin ortalamalarının popülasyonun tamamını yansıttığının düşünülmesidir (Turgut ve Öztaş, 2012).

Piccini ve ark. (2013), toprak özelliklerinin OM veya OC (organik karbon) gibi haritalanmasının, yersel ve interpolatif özellikleri olmadığı için sorunlu olduğunu belirtmişlerdir. İtalya'nın Teramo eyaletinde yapılan bir çalışmada 250 toprak numunesi toplanmış. Alınan toprak numunelerinin OM, OC ve C / N değerlerini kontrol etmek için sıradan Kriging yöntemini ve regresyon Kriging yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda bu yöntemlerin doğru haritalar oluşturulması açısından olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Dengiz ve İmamoğlu (2016), yaptıkları araştırma için 995 numune almış ve birçok toprak analizi yapmışlardır. Araştırma sonucunda farklı bitki türlerinin erozyon üzerindeki etkisine ilişkin anlamlı istatistiksel sonuçlar elde edilememekle birlikte erozyon riskinin ağırlıklı olarak mera toprağı tarım arazileri ve orman alanları olduğu tespit edilmiştir.

Başbozkurt ve ark. (2013), toprak kullanımının devamlılığı ve yersel değişiminin önemini dikkate alarak Adıyamanda bulunan 19 köyde toprakların pH, EC, tekstür, kireç, Na, Ca+Mg ve B içeriklerini tespit etmişlerdir. Tespitler sonucunda ortaya çıkan bu özelliklerin yersel olarak birbirlerine ne oranda bağlı olduklarını jeostatistiksel yöntemlerle incelemişler ve bu köylerin haritalarını oluşturmuşlardır.

Yapılan analizlerdeki Na, Ca+Mg, Kum ve siltin benzetmesi izotropik lineer model diğerleri ise izotropik üssel model ile yapmışlardır. Araştırmanın sonucunda topraklar genellikle orta ve yüksek derecede bağımlılık göstermişlerdir. Yapılan haritalar ile toprak kullanımının ve bitki gelişiminin planlanabilmesi mümkün olduğu sonucuna varmışlardır.

Aşkın (2002), semivariogram genellikle örnekler (h) arasındaki mesafe arttıkça artar. Belirli bir duruma ulaştıktan sonra, değer sabit hale gelir, bu nedenle artık örnek çiftleri arasındaki h değerindeki artıştan etkilenmez. Sabit hale gelen bu noktadaki sillvaryansı (Co+C) olarak ve semivariogramın sill varyansına ulaştığı noktadaki mesafe de etki (range, A0) aralığı şeklinde adlandırılmaktadır. Bu etki aralığı, gözlemlendiğimizde örneklenen toprak değerlerinin uzamsal olarak birbirine bağlanabileceği maksimum mesafeyi temsil eder. Bu mesafeden sonraki kısımda toprak özelliklerinin rastgele veya mekansal olarak birbirinden bağımsız olduğu dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir.

Başkan (2004), Ankara, Gölbaşı özel çevre koruma bölgesi ve çevresi, jeostatistik yöntemlerle mühendislik-fiziksel bakımdan ne derece ilgili olduklarını belirlemeyi hedeflediği çalışmada araştırma iki bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm profilden alınan örnekleri analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarında istatistiksel tutarlılık gösteren özelliklerin ikinci bölümde kullanılmak için belirlenmiştir. İkinci aşamada 45 kilometrekarelik bir alandan 0-20 cm derinlikte grid sistemi kullanılarak 89 numune alınmıştır. Örneklerdeki kil içeriği ve kıvam limitlerinde istatistiksel olarak pozitif yönden ilişkilidir. Kıvam limitleri ve kum içeriği ile ilgili olarak sonuçlar olumsuz çıkmıştır. Kıvam limitlerinin silt ile arasındaki ilişki ise dikkate alınacak bir ilgi uyandırmamıştır. Sonuçlar semivariogram ile değerlendirilmiş ve kriging yöntemi ile haritalanmıştır.

Ongun (2008), İzmir'in Menemen ilçesinde Izgara yöntemiyle 8,53 hektarlık arazide 182 noktadan iki farklı derinlikte (0-30 ve 30-60 cm) toprak örnekleri alınarak toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin alansal dağılımları modellenmiş ve haritalandırılmıştır. Mesafeye bağlı değişkenliğin modellenmesinde semivariogram kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, 30-60 derinliklerden alınan toprak örneklerinin, 0-30 arasındaki derinliklerden alınan örneklere göre mesafeye

bağlı olarak daha fazla değiştiğini göstermektedir. Sodyumun üst katmandan alınan örneklerde P'nin ise alt topraklarda daha değişken olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar, üst toprağın ortalama etki değerinin 168 m olduğunu ve 27 toprak örneği olduğunu göstermiştir. Alt katman topraklarının etki değerinin 169 m ortalama 37 adet toprak örneğiyle ve her ikisinin de %10 hata payı ile temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

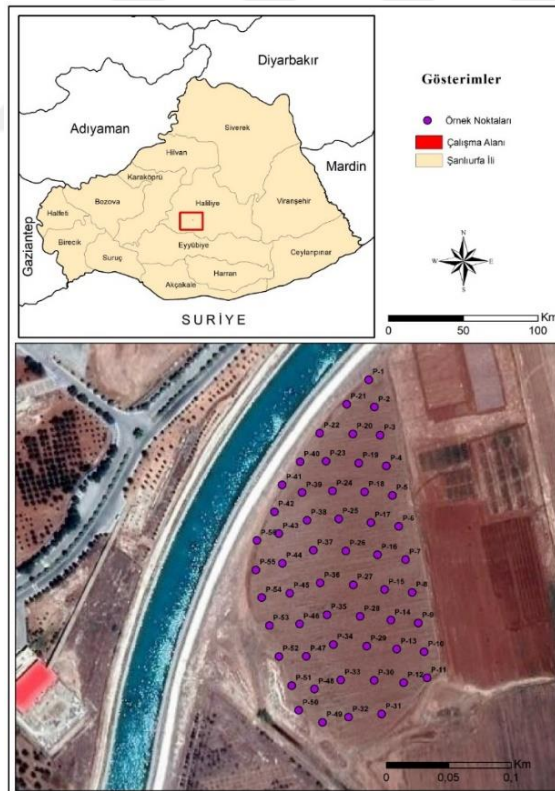


3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanının konumu

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Yerleşkesi'nin Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin güney doğusunda bulunan deneme alanındaki 30 da genişliğindeki parselde yürütülmüştür. Araştırma alanı, Şanlıurfa ilinde $39^{\circ}10'20.42''D$ - $39^{\circ}00'38.92''D$, $37^{\circ}09'40.12''K$ - $37^{\circ}10'02.33''K$ koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Deneme alanı Harran Ovası'nın kuzey doğusunda yer almaktadır. Düz düze yakın eğime sahip olan arazinin denizden yüksekliği ortalama 501 m'dir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının uydu görüntüsü ve örnekleme noktaları

3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri

Karasal iklim özelliği taşıyan, Şanlıurfa'da yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Çalışma alanı, Türkiye'de birçok ilde olduğu gibi farklı mevsimlerde farklı hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Yaz mevsiminde sıcak bir dönem yaşanırken, kış aylarında ise soğuk bir dönem yaşanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Şanlıurfa ili Basra Alçak Basın alanının etkisi kaynaklı sıcak hava kütleleri ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle yaz ayları oldukça kurak geçmekte ve yağış miktarının düşmesine neden olmaktadır. Türkiye'nin güney komşusu olan Suriye'nin çöl bölgesinden gelen rüzgârlar günlük yaşamı olumsuz etkilerken, tarım alanlarını olumlu etkilemekte ve topraklara bol miktarda mineral taşınmasını sağlamaktadır.

Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Şanlıurfa ili 1929-2019 yılları ortalama iklim verilerine göre yılın en sıcak ayı Temmuz olup, ortalama sıcaklık 38.7 °C'dir. Yılın en soğuk ayı ise Ocak olup, ortalama sıcaklık değeri 5.5 °C olarak ölçülmüştür. Yazlar oldukça kurak geçerken, yıllık ortalama yağış miktarı 463.6 mm olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.1).

3.1.3. Çalışma alanının toprak özellikleri

Kırmızı Kahverengi Büyük Toprak grubunda yer alan çalışma alanı toprakları kireç taşı ana materyali üzerinde oluşmuştur. Toprak taksonomisine göre ise Xerocept Büyük toprak grubunda sınıflandırılmışlardır (Soil Survey Staff, 1998). Düz ve düze yakın bir eğime sahip olan arazide, toprak profili ve yüzeyinde seyrek çeşitli büyüklükte taş ve çakıl bulunmaktadır. Çalışma alanının toprağı genel olarak hafif alkali, organik madde içeriğı düşük, tuzluluk ve alkalilik problemi olmayan vertik özelliklere sahiptir.

Çizelge 3. 1. Şanlıurfa ili meteoroloji istasyonu uzun yıllar iklim verileri (1929-2019.MGM)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)
Ocak	5.5	9.8	2.0	4.0	11.9	87.6
Şubat	7.0	11.9	2.8	5.1	10.5	69.5
Mart	10.8	16.4	5.7	6.3	10.4	62.8
Nisan	16.1	22.2	10.2	7.8	8.9	49.8
Mayıs	22.1	28.6	15.2	9.9	6.1	26.7
Haziran	28.0	34.6	20.4	12.1	1.4	4.4
Temmuz	31.9	38.7	24.2	12.3	0.3	2.0
Ağustos	31.5	38.3	23.9	11.4	0.2	3.4
Eylül	27.1	33.9	19.9	10.0	0.8	4.6
Ekim	20.5	26.9	14.4	7.8	4.8	26.5
Kasım	13.0	18.7	8.4	5.8	7.4	44.6
Aralık	7.5	12.0	3.9	4.0	10.8	81.7
Yıllık	18.4	24.3	12.6	96.5	73.5	463.6

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örnekleme

Bu çalışmada, 0-30 cm derinlikten toplam 56 toprak örneği alınmıştır. Gridleme yöntemine uygun olarak alınan toprak örnekleri etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Gölgede kurutulan örnekler, 2 mm'lik eleklerden geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal analizler, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2.2. Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri

3.2.2.1. Toprak tekstürü

Toprak bünyesi "Bouyocous Hidrometre" yöntemi ile belirterek % kum, silt ve kil değerleri hesaplanmıştır (Bouyocous, 1951; Tüzüner, 1990). Bu yöntemde; 50 gram hava kuru toprak tartıldı, 500 ml'lik behere kondu ve üzerine 10 ml sodyum oksalat, 10 ml'de sodyum hidroksit ve 150 ml saf su ilave edilerek bagetle karıştırılıp ve ağzı kapatılarak 1 gece bekletildi. Ertesi gün mikser ile 10 dakika karıştırılıp ve silindire aktarıldı. Hidrometre daldırılarak saf su ile 1130 ml'ye tamamlandı. Hidrometre çıkartılıp el karıştırıcısı 10 kez batırılıp çıkarıldıktan 40 saniye sonra. Hidrometre yine suya daldırılarak ilk okuma yapıldı. Suyun sıcaklığı kaydedildi. İki saat beklendikten sonra ikinci hidrometre okuması yapıldı ve yine sıcaklık kaydedildi.

Daha sonra hesaplama aşağıdaki şekilde yapıldı;

$$\% \text{ Kum} = \frac{100 - (DH1) \times 100}{F} \quad [2]$$

$$\% \text{ Kil} = \frac{100 - (DH2) \times 100}{F} \quad [3]$$

$$\% \text{ Silt} = 100 - (\% \text{ Kum} + \% \text{ Kil}) \quad [4]$$

DH1: Düzeltilmiş 40. Sn Hidrometre okuması

DH2: Düzeltilmiş 2 h Hidrometre okuması

F: Fırın kuru toprak ağırlığı (gr)

Hidrometre düzeltilmesi için yirmi santigrat derecenin üzerindeki her 1 santigrat derece için hidrometre değeri 0.36 ile çarpılır ve hidrometrede okunan değeri ile toplanır. Sıcaklık 20 santigrat dereceden küçük ise hidrometre değerinden çıkarılır çıkartılır. Hesap sonucunda elde edilen kum, silt ve kil oranlarından toprak tekstür üçgeni yardımıyla toprak tekstür sınıfı bulunur.

3.2.2.2. Organik madde

Toprakların %OM içerikleri (Nelson ve Sommers, 1992), tarafından bildirildiği şekilde modifiye Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir. Bu yöntemde 1 gram toprak tartılıp 500 ml'lik erlenmayere kondu. 10 ml Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ilave edildi. Toprak renginin kiremit rengine dönüşmediği durumda üzerine 10 ml Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) daha ilave edildi. (Eğer toprak organik maddesi yüksek ise daha az toprak tartılır) daha sonra 20 ml Sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilip, hot pilet üzerinde 150 °C kadar ısıtıldı. Çözelti soğuduktan sonra üzerine 200 ml saf su eklendi. Bunun üzerine 10 ml fosforik asit (H_3PO_4) ve 0.3 ml difenilamin sülfanat eklendi. Bu çözelti normalitesi bilinen demir sülfat ($FeSO_4$) ile, renk açık yeşil olana kadar titre edildi. Aynı uygulama şahit örnek (topraksız) için de tekrar edildi.

Organik madde içeriği aşağıdaki formülle hesaplandı;

$$OM (\%) = \frac{A - (B \times Nk) \times 0.581}{T} \quad [5]$$

A: Analizde harcanan potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) miktarı (ml)

B: Titrasyonda harcanan demir sülfat ($FeSO_4$) miktarı (ml)

T: Kullanılan örnek miktarı (g)

Nk: Demir sülfat çözeltisinin kesin normalitesi

$$N_k = 10 / V$$

10: Potasyum dikromattan alınan miktar (ml)

V: Normalite için harcanan demir sülfat miktarı (ml)

Çözeltilerin hazırlanması

1 N Potasyum dikromat: ($K_2Cr_2O_7$) 98,08 gram tartılıp 2 litreye tamamlanır.

0.5 N Demir sülfat: ($FeSO_4$) 280 gram tartılıp üzerine 30 ml sülfürik asit (H_2SO_4) eklenir ve 2 litreye tamamlanır.

Difenilamin indikatör: 0,16 gram tartılıp 100 ml' ye tamamlanır.



Şekil 3. 2. Organik madde analizi

3.2.2.3. Toprak reaksiyonu (pH)

İki mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinden 100 g tartılarak saturasyon kaplarına konuldu. Otomatik büret içerisine saf su kondu, spatula ile toprak suya doyuncaya kadar su ilave edildi. Toprak kolloidi suya doygun hale geldikten sonra, spatula ile bir çizgi çizilerek ve çizginin kapanır durumda olduğu su içeriğinde örneklerin su ile doygun hale geldiğine karar verildi. Sature hale gelen toprak örnekleri

tüketilen su miktarı not edilerek bir gece ağzı kapalı olarak bekletildikten sonra pH metre ile ölçümleri gerçekleştirildi (Black, 1965; Ramazanoglu, 2017).



Şekil 3.3. pH metre cihazı

3.2.2.4. Elektriksel iletkenlik

Su ile doymun hale getirilen toprak örneklerinin EC değerlerini belirlemek için toprak örnekleri elektriki iletkenlik aletinin çamur hücresine bir spatula yardımıyla aktarıldı. Hücre düz bir yüzeye hafifçe vurularak ve ağzına kadar doldurulduktan sonra elektriksel iletkenlik aletinde ölçüm yapılarak toprakların elektriki iletkenlik değerleri(dS/m) belirlendi (Richards, 1954).

3.2.2.5. Kireç analizi

Kireç (%) Toprak örneklerinin CaCO_3 içerikleri Scheibler kalsimetresi ile ölçüldü ve sonuçlar % CaCO_3 olarak verildi (Çağlar, 1949; Evliya, 1964). Bunun için 1 gram toprak tartılıp Kalsimetre kabına kondu üzerine %10'luk HCl çözeltisinden 5 ml alınıp tüpe konurak ve pens yardımıyla tüp kaba yerleştirildi. Kalsimetre sıfıra ayarlandı. Kabın ağzı kalsimetre tıpasıyla kapatılarak çalkalanarak HCl toprağa karıştırıldı. Kabarma bitene kadar çalkalamaya devam edildi. Kalsimetre musluğu açılmada kalsimetre tüpleri iki tüp içindeki su dengelendi ve değer okundu.

Çizelge 3.2. Toprakların kireç içeriklerine göre durumları

Kireç içeriği%	Değerlendirme
< 1.0	Çok az
1.0 – 5.0	Az
5.0 – 15.0	Orta
15.0 – 25.0	Fazla
> 25.0	Çok fazla

Çözeltilerin hazırlanması

10 HCl: 0.37 saflığa sahip HCl asitinden 227 ml HCl alınır. Daha sonra saf su ile 1 litreye tamamlanır.



Şekil 3.4. Kireç analizi

3.2.2.6. Yarayırlı fosfor

Analiz olse ve ark. metoduna göre yapılmıştır. Bu metodun prensibi toprakta bulunan fosforu sodyum bikarbonat (0.5 M NaCO₃), pH (8.50) çözeltisiyle açığa çıkartılarak çözeltide bulunan fosforun miktarına göre mavi renk oluşturan bir ortamda

fosforu bağlayıp indirgeyerek elde edilen mavi rengin yoğunluğunun spektrofotometrede okunması ve okunan değerin aynı koşullarda hazırlanmış ve içindeki fosfor miktarı bilinen standartlarla kıyaslanması esasına dayanır (Tüzüner ve ark., 1990)

Kullanılan kimyasal madde ve çözeltiler;

- ✓ Sodyum bi karbonat (NaHCO_3)
- ✓ Amonyum Molibdat
- ✓ Kalay klorür
- ✓ Sodyum hidroksit (NaOH)
- ✓ Hidroklorik asit (HCl)
- ✓ Potasyum dihidrojenfosfat

Çözeltiler

Ekstraksiyon çözeltisi (0.5 M NaHCO_3 , pH 8.50)

Kimyaca saf 42.0 gr NaHCO_3 Tartılarak litrelik bir balona kondu. Yeterince saf suda eritildikten sonra balon yaklaşık 950 ml olacak şekilde saf su ile dolduruldu bu çözeltinin pH'sı önceden hazırlanmış sodyum hidroksit çözeltisi (1 M NaOH) kullanılarak ve pH metre yardımıyla 8.50' ye kadar ayarlanıp balon saf suyla çizgisine tamamlandı.

- Amonyum Molibdat Çözeltisi

15.0 g saf amonyum molibdat litrelik bir balona kondu üzerine önceden ısıtılarak hazırlanmış 300 ml saf su ilave edilerek eritildi üzerine 346.0 ml hidroklorik asit yavaş yavaş eklendi. İyiçe çalkalandıktan sonra balon hacmi litreye tamamlandı. Hazırlanan bu çözelti, koyu renkli bir şişede saklanmalı.

- Kalay klorür çözeltisi

- Stok kalay klorür çözeltisi

Kimyaca saf 100 g kalay klorür 25.0 ml saf HCl içinde eritildi ve kahverengi bir şişede, buzdolabında saklanıldı.

-Kullanılacak (sulandırılmış) kalay klorür çözeltisi

Stok kalay klorür çözeltisinden 1.0 ml alınarak 132.0 ml'lik saf su içine kondu. İyiçe çalkalanarak kullanmadan önce 10-15 dakika beklettik, bu çözelti 1-2 saatlik bir süre içinde bozulmadan kullanılabilir.

-Standart fosfor çözeltisi

-Stok fosfor çözeltisi (100 ppm)

Kimyaca saf potasyum dihidrojen fosfor 0.4393 g tartılarak litrelik bir balona konuldu ve yaklaşık 500 ml saf su ilave edilerek eritildikten sonra balonun hacmi saf su ile litreye tamamlandı. Bu çözelti 100.0 mg/l veya 100.0 ppm P kapsar.

Kullanılacak (sulandırılmış) fosfor çözeltisi

100.0 mg/l fosfor içeren stok çözeltiden 1.0 ml çekilerek 100.0 ml'lik balona konuldu. Bu çözelti 0.1 g P kapsar. Daha sonra hazırlanacak standart seri için bu çözelti kullanılır.



Şekil 3.4. Fosfor analizi (olsen metodu)

3.2.3. İstatistiksel analizler

Ortalama, standart sapma minimum ve maksimum değerleri gibi tanımlayıcı istatistikler SPSS paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (Balıcı ve Ahi, 2015). Ayrıca genel varyasyonu tanımlamak için VK hesaplandı ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlendi.

3.2.4. Mekansal analizler

Her bir toprak özelliğinin mekansal bağımlılığı semivariogram analizi ile belirlenmiştir. Semivariogram modelin seçiminde en yüksek r^2 ve/veya en düşük kareler toplamı dikkate alınmıştır. Belirlenen semivariogram modelleri esas alınarak ve kriging analizi kullanılarak araştırma alanında 25x25m lik grid noktaları tahmin değeri hesaplanmıştır. Bu tahminlerin yapılmasında kullanılan komşu noktaların sayısı, ilgili özelliğin semivariogram değişim aralığı esasına göre belirlenmiştir (Akgül ve ark., 1995). Jeostatistiksel analizlerde ve haritalamada ArcGIS 10.5 programı kullanılmıştır.

3.2.4.1. Variogram analizi

Birbirine yakın toprak örneklerinin birbirinden daha uzak örneklere göre birbirine daha benzer olduğu hipotezini test etmek için, seçilen değişkenlerin deneysel variogramları, standart Matheron tahmincisi kullanılarak gstat R paketi ile hesaplanmıştır (Webster ve Oliver, 2001). Variogram varyansta olduğu gibi gözlem değerlerinin ortalamadan farklarının karesini ölçen ve tüm değerler üzerinden yapılan bir toplama işlemidir (Eryılmaz, 2010). Başka bir ifadeyle, jeostatistikte bölgeselleşmiş değişkenlere ait değerler arasındaki farkın uzaklıkla ilgili değişimleri variogram fonksiyonu ile belirlenebilir (Uyguçgil, 2007).

Variogram model sınıfları ve ilk parametreler göze göre seçildi ve model parametreleri, kareler kullanılarak deneysel variograma uyan en küçük, nokta çiftlerinin sayısı ile orantılı ve her biri için tahmini yarı değişkenliğin karesiyle ters orantılı olan deneysel ağırlık ile gstat tarafından ayarlandı (Pebesma, 2001).

Bu enterpolasyonun en hassas olduğu külçe ve yakın mesafe davranışının güvenilir tahminine vurgu yapar.

Çalışmada örnek alınan her bir noktanın toprak özelliğinin semivariogram analizi ile uzaysal bağımlılığı belirlenmiştir. Semivariogram belli bir x mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın mesafeyle olan ilişkisini göstermektedir. Diğer bir ifade ile örnekleme çiftleri arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak uzaysal bağımlılığı tanımlar ve matematiksel olarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilirler (Journel ve Huijbregts, 1978).

$$r(h) = \frac{1}{2} N(h) \sum_{i=1}^N [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad [6]$$

Bu denklemden $r(h)$ semivaryans; $N(h)$ h mesafesi ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı; $Z(X_i)$, incelenen özelliğin i noktadaki ölçüm değeri ve $Z(X_i+h)$ incelenen özelliğin $(i+h)$ noktadaki ölçüm değerini göstermektedir.

Mesafenin bir fonksiyonu olan ve uzaysal olarak ayrılmış veri noktaları arasındaki semivaryansı grafikize eden bir semivariogram, toprak özelliklerinin uzaysal ilişkilerini tanımlayan birkaç model bulunmaktadır (Warrick ve ark., 1986). Bu çalışmada kullanılan modeller, a) üssel, b) exponensiyel ve c) küresel modellerdir (Samra ve ark., 1988).

3.2.4.2. Kriging haritalama

Ölçülmeyen noktaların değerini tahmin etmek için ölçülen noktalar arasındaki özelliklerin uzamsal korelasyonunu kullanan bir tahmin (enterpolasyon) yöntemidir. Genel olarak, tahmin edilen değerlerin ağırlıklı ortalaması ile yapılır.

Matematikte bu işlem;

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad [7]$$

olarak ifade edilir. Eşitlikte;

$z^*(x_0)$; x_0 noktasında bilinmeyen ancak kestirilen değeri,

$z(x_i)$; x_0 noktasının kestiriminde kullanılacak verileri

λ_i ; bu verilere atanacak ağırlıkları

x_i , $i=1, \dots, n$ 16 noktalarındaki değişkenin değerleridir. Fakat bu veriler ağırlıklarını hesaplamak için gerekmektedir. Jeostatistikteki bu ağırlıklar, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde tespit edilir (Tercan ve Saraç, 1998).

Kriging analizleri araştırmamızda örneklenmemiş noktalardaki toprağa ait değişkenlerin tahmin değerleri belirlenen semivariogram modelleri yardımı ile kriging tahmin haritaları elde edilmiştir. Bu amaçla ArcGIS Geostatistical Analyst ile programı kullanılmıştır (ESRI, 2001). Bunun için Ordinary Kriging enterpolasyon modeli uygulanarak yapılan dağılım haritaları ile parselde örneklenmemiş noktalarda toprak özellikleri tahmin edilmiştir. Veri alınamayan noktalardaki tahminler ordinary kriging enterpolasyon metodu kullanılarak yapılmıştır. Bunun için Araştırma alanı (658000 D, 309 500 K) ile (705000 D, 343000 K, UTM 36N) 25x25 m'lik gridlere ayrılmış. Ekspansiyon, Üssel ve küresel variogram kullanılarak sıradan kriging (OK) her 25 m için bir tahmin yapılmış ve haritalanmıştır.

Kriging analizleri gerçek verilere ve regresyon modellerine göre üretilen verilere göre ayrı ayrı ele alınmıştır (Başbozkurt ve ark., 2013).

Bu çalışma kapsamında toprakta belirlenen her bir element ve özelliğe ait güncel konumsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar her bir toprak örnekleri için ayrı ayrı üretilmiştir.

3.2.5. Tahminlerin doğruluğunun belirlenmesi

Farklı tekniklerle yapılan tahminlerin doğruluğu ve metotlar arası kıyaslamalar Hata kareleri ortalamasının karekökü (RMSE, Root Mean Square Error) kullanılarak yapılmıştır. RMSE, değişen miktarların büyüklüğünün ölçülmesinde kullanılan istatistik bir ölçümdür.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad [8]$$

X_i : X_1, X_2, \dots, X_n (Tahmin edilmiş değerler)

Y_i : Y_1, Y_2, \dots, Y_n (gözlemlenen değerler)

n : Gözlem sayısı



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprakların Genel Özellikleri

Toprakların istatistiksel analiz sonuçlarına göre kil içeriği %37.5 ile %54.17 arasında değişirken, kum içeriği %20.8 ile %27 arasında değişmektedir. Çalışma alanı topraklarının silt içeriği ise %20.83 ile %33.33 arasında değişim göstermektedir. Araştırma alanı toprakları hafif bazik olup pH'sı 7.51 ile 8.16 arasında değişmektedir. Genel olarak organik maddece fakir olan toprakların OM içerikleri %0.61 ile 2.37 arasında değişmektedir. Toprak örneklerinin kireç içeriğinin yüksektir. Toprakların kireç içerikleri yüksek olup %46.01 ile 54.7 arasındadır. Toprakların tuzluluk problemi olmayıp EC değeri 0.14-0.80 dS/cm arasındadır. Toprakların ortalama yarıyıllı fosfor içeriği ise 2.52 ile 5.86 kg/da arasında değişmektedir.

Toprak özelliklerinin değişkenliklerinin kıyaslanmasında % varyasyon katsayısı (VK) oldukça yaygın olarak kullanılan bir parametredir. Standart sapmanın ortalamaya oranının yüzde olarak ifade edilmesi ile hesaplanan $\%VK \leq \%15$ olduğunda değişkenlik düşük, %15-35 arası olduğunda orta düzeyde değişken ve $\geq \%35$ 'ten yüksek olduğunda ise yüksek düzeyde değişken olarak sınıflandırılmaktadır (Wilding ve ark., 1994). Çalışma alanı içerisinde değişkenliği en düşük olan özellik ($\%VK=1.51$) pH iken, en yüksek değişkenlik ise EC ($\%VK=30.35$) görülmüştür. Diğer toprak özelliklerinden kum, kil, silt ve kireç düşük derecede değişkenlik gösterirken, organik madde, EC, P, içerikleri orta derecede değişkenlik göstermiştir

Çizelge 4. 1. Toprak parametrelerine ait tanıttıcı istatistikler

Toprak değişkeni	Birim	Max.	Min.	Ort.	Std.Sapma	Aralık	VK	Basıklık	Çarpıklık
Kum	%	35.41	20.83	27.00	2.97	14.58	11	0.532	0.415
Kil	%	54.16	37.50	46.46	3.24	16.66	6.97	0.100	0.037
Silt	%	33.33	20.83	26.52	3.08	12.50	11.61	-0.439	-0.177
pH		8.16	7.51	7.90	0.12	0.65	1.51	1.858	-0.978
OM	%	2.37	0.60	1.36	0.34	1.76	25	0.800	0.735
Kireç (CaCO ₃)	%	54.73	41.25	49.77	2.36	13.48	4.74	2.249	-0.967
EC	dS/cm	0.96	0.14	0.46	0.14	0.81	30.35	2.015	1.104
Yarayışlı Fosfor(YP)	kg/da	5.86	2.51	3.75	0.74	3.34	19.73	0.852	1.069

Çizelge 4. 1.'de görülen pozitif çarpıklık değeri eğrinin sola eğik olduğunu, negatif değer ise eğrinin sağa eğik olduğunu gösterir. Eğrinin merkeze olan uzaklığı çarpıklığın şiddetini belirtir. Basıklık değeri ise normal dağılıma göre değişkenin basıklık durumunu göstermekte olup pozitif değerler normal dağılıma göre daha sivri, negatif değerler ise normal dağılıma göre daha basıktır.

Analiz sonuçlarına göre yüzey topraklarında; pH, kireç , silt , negatif çarpıklık değerlerine sahip olup, kil, kum, fosfor, organik madde, EC pozitif çarpıklık değerlerine sahiptir. Yüzey topraklarında pH, EC, organik madde, kireç, kil, kum, fosfor pozitif basıklık değerine silt negatif basıklığa sahiptir. Sırasıyla en yüksek basıklık değerini kireç, EC, pH göstermektedir. Kireç, incelenen diğer toprak özelliklerine göre en yüksek basıklık değerine sahip bulunmuştur.

Tüm alanda ortalama kil içeriği %46.46 ve kum içeriği ise %27'dir (Çizelge 4. 1.). Pierce ve ark. (1983), >%45 kil içeren topraklarda hacim ağırlığının $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ 'den yüksek olduğu koşullarda kök gelişiminin olumsuz etkilendiğini ve $1,47 \text{ g cm}^{-3}$ 'den yüksek olduğu durumlarda ise kök gelişiminin önemli düzeyde sınırlandığını belirtmiştir. Aynı çalışmada araştırmacılar kum içeriği yüksek olan kumlu killi tın, tın ve kum tekstürlü topraklarda ise hacim ağırlığının $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ 'e kadar bitkisel üretim için problem oluşturmadığını ifade etmiştir. Kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda kurak dönemlerde derin ve geniş çatlakların görüldüğü Vertisol ordosuna ait topraklara sıkça rastlanılmaktadır.

Usowicz ve Lipiec (2017), toprak çözeltisindeki hidrojen iyonları konsantrasyonunun logaritmik ifadesini yansıtan pH değerlerinin diğer toprak özelliklerine göre arazi içinde daha düşük bir değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışma alanı topraklarının eğimi ve arazi kullanımlarının farklılığı toprak özelliklerinin yüksek düzeyde değişkenlik göstermelerine neden olmuştur.

Yarı kurak bir iklimlerdeki bölgelerde topraklar genel olarak az miktarda organik madde içerir. Çalışma alanında organik madde içeriği en az %0.61 en fazla %2.37 olarak tespit edilmiştir. Alan topraklarının OM içeriği ortalama olarak

%1.36'dir. Toprakların OM içerikleri (Doğan, 1991). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ile yaptığı çalışmasındaki belirlenen sınır değerlerine göre belirlenmiştir.

Çalışma alanında ana materyalin değişimi toprak tekstürü ile birlikte kireç içeriklerinde de çok büyük değişkenliğe neden olmuştur. Kireç içeriği %49.77 gibi oldukça yüksektir. Yüksek kireç içeriği, özellikle fosfor, demir ve çinko gibi besin elementlerinin bitkilere yararlılığını azaltacağından bitkisel üretimin olumsuz etkilenmesine neden olabilecek bir faktördür. Bunun yanında, agregatlaşma için önemli bir çimentolayıcı madde olan kirecin çok düşük düzeyde olması ise toprakların bozulmaya karşı direncinin ve dolayısı ile toprak kalitesinin azalmasına neden olabilir.

EC değeri ise 0,14 dS/m ile 0,96 dS/m arasında değişmektedir. EC değeri ise 0,46 dS/m ile tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4. 1.).

Çalışma alanının YP içeriği 2.51 kg/da ile 5.86 kg/da arasında değişmekte olup ortalama 3,75 kg/da'dır (Çizelge 4. 1.). Elde edilen bu veriler çalışma alanının önemli bir kısmında bitki yetiştiriciliği açısından alınabilir P içeriğinin yetersiz olduğunu göstermektedir. Bitki yetiştiriciliği açısından önemli makro besin elementi olan alınabilir P içeriğinin geniş bir aralıkta değerlere sahip olması farklı arazi kullanımlarının olması yanı sıra, ana materyal, toprak tekstürü ve kireç içeriğindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda yapılan gübreleme uygulamaları veya miktarları alınabilir P içeriğinin farklı değerler almasına neden olabilmektedir.

Korkmaz, (2005), Harran Ovası topraklarında YP içeriklerini İkizce serisinde 0-30 cm'de 5.6 mg/kg, 30-60 cm'de 2.4 mg/kg; Harran serisinde 0-30 cm'de 6.7 mg/kg, 30-60 cm'de 3.6 mg/kg ve Çekçek serisinde 0-30 cm'de 6.9 mg/kg, 30-60 cm'de 2.8 mg/kg olarak tespit etmiştir. Değerler göz önünde bulundurulduğunda ova topraklarında YP içeriğinin bitki beslenmesi için yetersiz olduğu görülmektedir.

Toprak özellikleri arasındaki ilişkiler çizelge 4. 2.'de verilmiştir. Toprak pH değeri, EC, organik madde, kil, kum ve fosfor ile negatif korelasyona sahip; kireç ve silt ile pozitif bir korelasyona sahiptir. EC parametresi, kireç ve silt ile negatif korelasyona sahip; organik madde, kil, kum, fosfor ile pozitif korelasyona sahiptir. Organik madde parametresi, kireç ve silt ile negatif bir korelasyona sahip; kil, kum ve fosfor ile pozitif korelasyona sahiptir. Kireç parametresi, silt kum ve fosfor ile negatif bir korelasyona sahip; kil ile pozitif korelasyona sahiptir. Kil parametresi ve pH ile negatif bir korelasyona sahip; EC, organik madde, kireç ile pozitif korelasyona sahiptir. Silt parametresi, EC, organik madde, kireç ve kil ile negatif bir korelasyona sahip; pH ile pozitif korelasyona sahiptir. Kum parametresi, pH, kireç ve kil ile negatif bir korelasyona sahip; EC, organik madde ve silt ile pozitif korelasyona sahiptir. Fosfor parametresi. pH ve kireç ile negatif bir korelasyona sahip; EC, organik madde, kil, silt ve kum ile pozitif korelasyona sahiptir.

Çizelge 4. 2. Toprak özellikleri korelasyon analizi

	pH	EC	% OM	% Kireç	% Kil	% Silt	% Kum	P (kg/da)
pH	1							
EC (dS/cm)	-0.755	1						
% OM	-0.443	0.435	1					
% Kireç	0.163	-0.231	-0.145	1				
% Kil	-0.059	0.006	0.0539	0.106	1			
% Silt	0.339	-0.202	-0.369	-0.110	-0.561	1		
% Kum	-0.288	0.204	0.324	-0.002	-0.509	-0.425	1	
P (kg/da)	-0.601	0.624	0.374	-0.136	0.175	-0.338	0.160	1

Çizelge 4. 3. İncelenen toprak özellikleri için tanımlanan semivaryogram modelleri ve model parametreleri

Toprak parametresi	Model	Range (A)	Nugget (Co)	Partial sill (C)	Sill (Co+C)	Nugget/Sill (Co/Co+C)	Model kalitesi
Fosfor	Küresel	113.853	0.3186	0.3235	0.6421	49	Orta
	Üstel	138.558	0.2609	0.4084	0.6693	38	Orta
Kum	Spherical	76.0095	4.1790	4.9657	9.1447	45	Orta
	Exponential	88.3918	3.1258	6.1914	9.3172	33	Orta
Kil	Spherical	80.7530	7.8521	3.7162	11.5683	67	Orta
	Exponential	115.7921	7.5750	4.4264	12.0014	63	Orta
Silt	Spherical	81.5315	8.4739	1.2122	9.6861	87	Zayıf
	Exponential	102.4875	8.4838	1.2667	9.7505	87	Zayıf
EC	Spherical	44.2886	0.0125	0.0078	0.0203	61	Orta
	Exponential	44.2886	0.0094	0.0112	0.0206	45	Orta
pH	Spherical	96.8627	0.0147	0.0011	0.0257	57	Orta
	Exponential	127.1202	0.0146	0.0013	0.0159	91	Zayıf
OM	Spherical	47.9468	0.0205	0.1033	0.1238	16	Güçlü
	Exponential	56.7816	0	0.1294	0.1294	0	Güçlü
Kireç	Spherical	46.4503	0	7.2189	7.2189	0	Güçlü
	Exponential	56.0411	0	7.5739	7.5739	0	Güçlü

Arazideki iki nokta arasında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin mekansal değişimlerinin boyutunun ifade edilmesinde uzaysal bağımlılık yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzaysal bağımlılık, nugget semivaryansın toplam semivaryansa oranının (Co/Co+C) yüzde olarak ifadesidir (Wang ve ark., 2013). Uzaysal bağımlılık değeri \leq %25 olduğunda toprak özelliğinin kuvvetli derecede, %25 ile %75 arasında orta derecede ve %75'den fazla olduğunda ise zayıf derecede uzaysal bağımlılığı ifade etmektedir. Örnekler arası uzaysal bağımlılığın güçlü olması kısa mesafelerde numuneler arası benzerliğin ortadan kalkmadığını ve uzun mesafelerde de devam ettiğini göstermektedir.

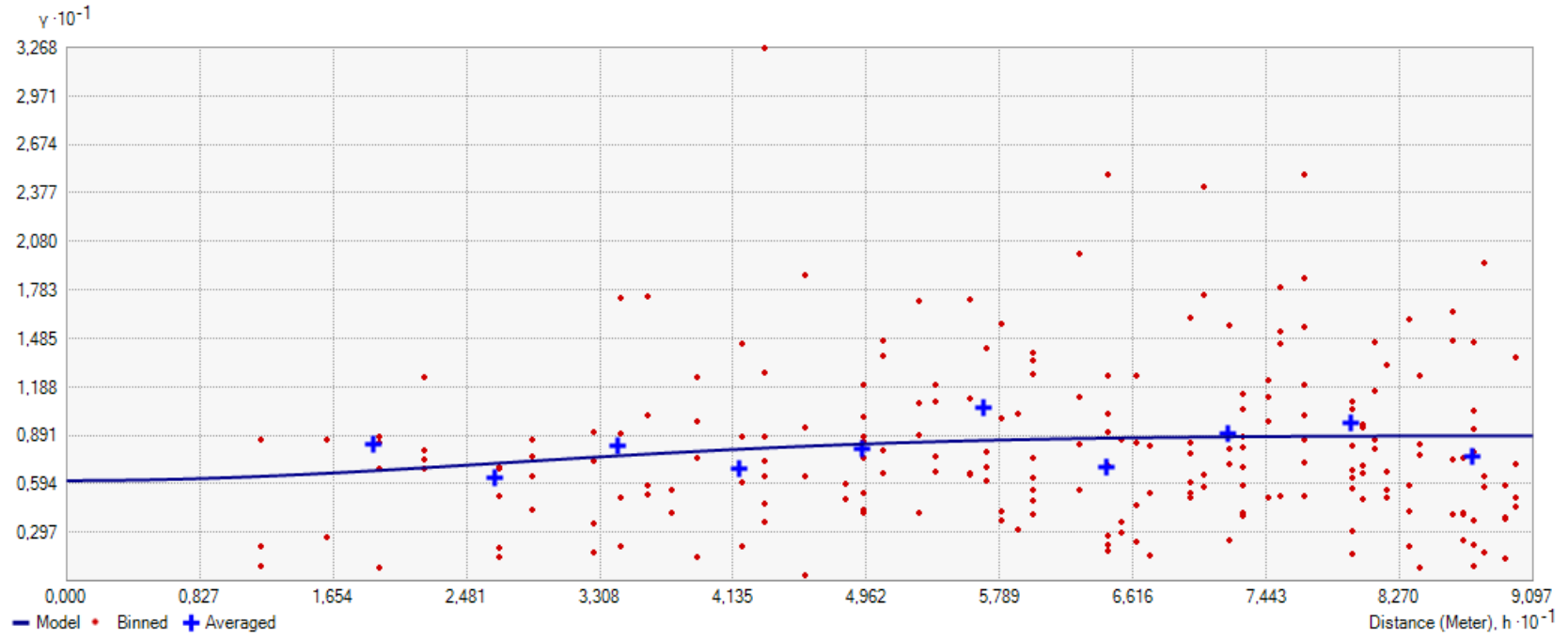
Toprak özellikleri için elde edilen semivariogram modellerine ait parametreler Çizelge 4. 3.'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre toprak özelliklerinden organik madde ve kirecin mesafeye bağlı değişkenliklerinin belirlenmesinde küresel (spherical) ve exponential (üssel) modelin en güçlü model olarak belirlenirken diğer özelliklerden fosfor, kum, kil ve EC'nin her iki modelde orta olduğu görülmüştür (Çizelge 4. 3.).

Semivariogram modelinden elde edilen range değerleri iki örnekleme veya tahmin noktası arasındaki benzerliğin devam ettiği mesafeyi ifade etmektedir. Jeostatistiğin temeli, zemin numunelerinin iki noktası arasındaki benzerliğin mesafe ile azaldığını ve belirli bir mesafeden sonra benzerliğin tamamen ortadan kalktığını varsaymaktır (Deutsch ve Journel, 1998). Çalışma alanında en yüksek range değeri 362.62 m ile rakım ve en küçük range değeri ise 46.45 m ile alınabilir kireç içeriğine ait olduğu görülmektedir.

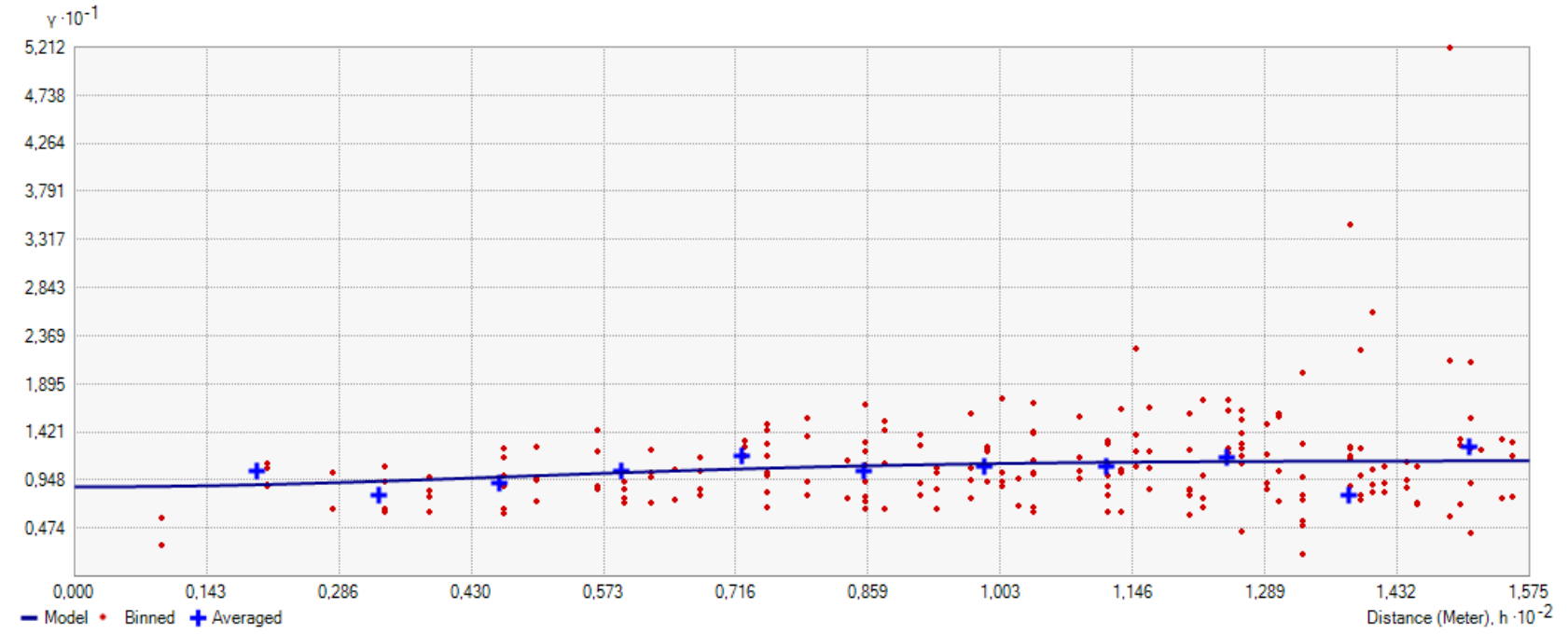
Range değerinin çalışma yapılan alanın genişliğine bağlı olarak büyük değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Dey ve ark. (2017), 4.949 km² 'lik bir alanda yaptıkları çalışmada range değerini pH ve organik madde için 95,8 km, EC için ise 92,7 km olarak rapor etmiştir. Daha dar bir alanda (215 km²) çalışan Vasu ve ark. (2017) ise organik madde için range değerini 1,54 km olarak rapor etmiştir.

Amenajman yöntemleri ve toprak tekstürü, toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimi üzerinde önemli düzeyde etki ederken toprak özelliklerinin çok kısa mesafelerde büyük değişkenlik göstermesine neden olurlar (Halloran ve ark., 1985).

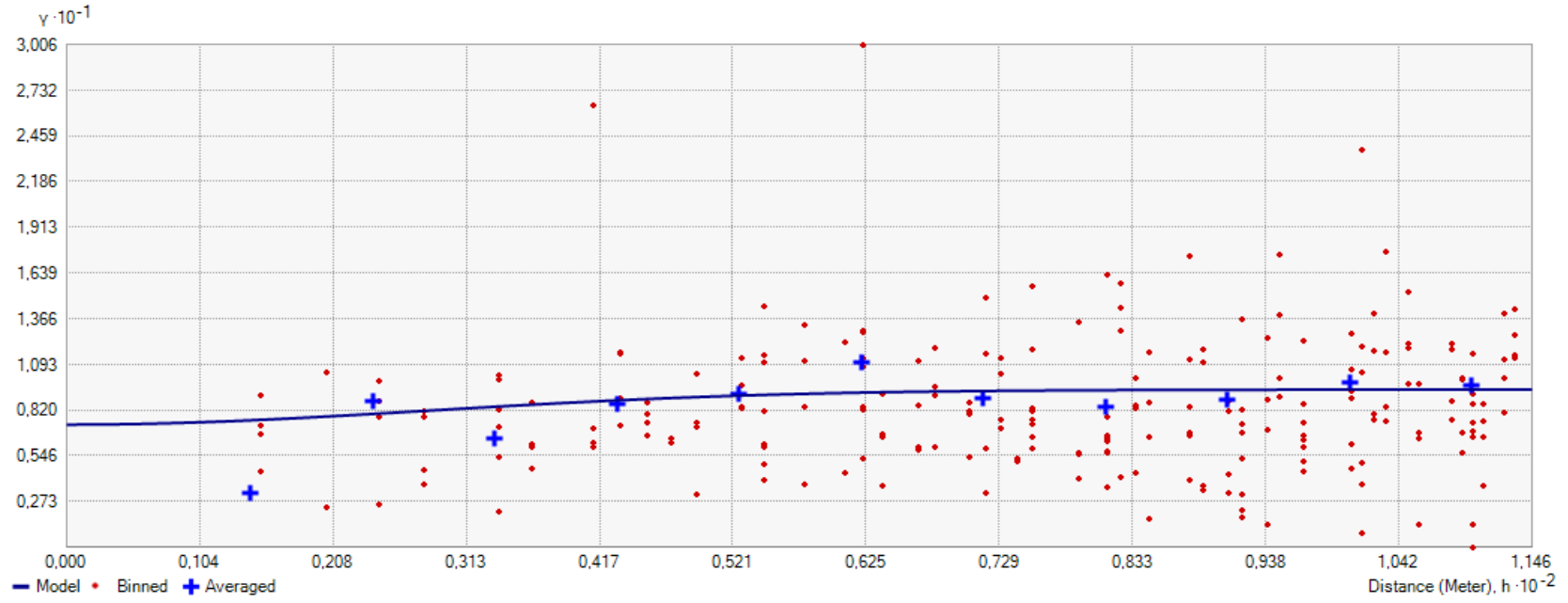
Roger ve ark. (2014), farklı toprak tipi ve arazi kullanımlarının yer aldığı 1670,7 km² 'lik çalışma alanlarında ana materyalin, arazi kullanımlarının ve arazi özelliklerinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğinde önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Çalışma alanında görülen farklı ana materyal ve toprak tekstürü yanı sıra farklı iklim, bitki örtüsü ve amenajman uygulamaları toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliğinin artmasına neden olmuştur.

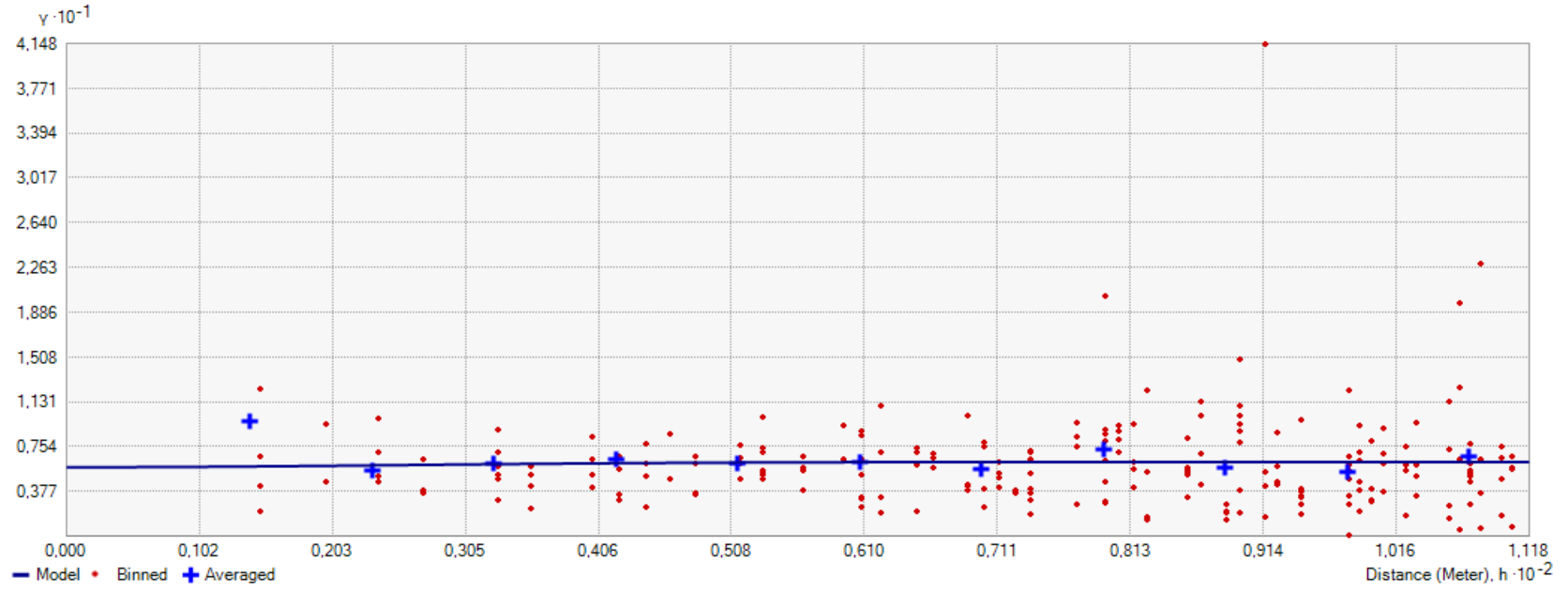


Şekil 4. 1. Kum parametresine ait semivaryogram grafiği

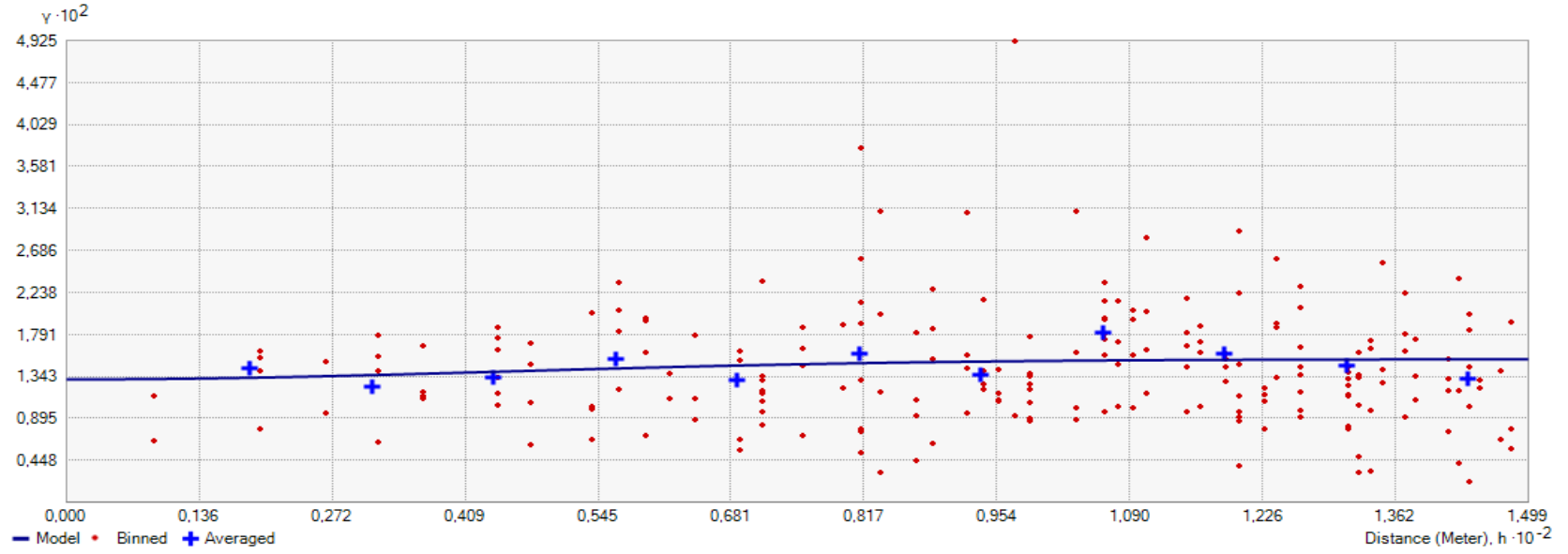


Şekil 4. 2. Kil parametresine ait semivaryogram grafiği

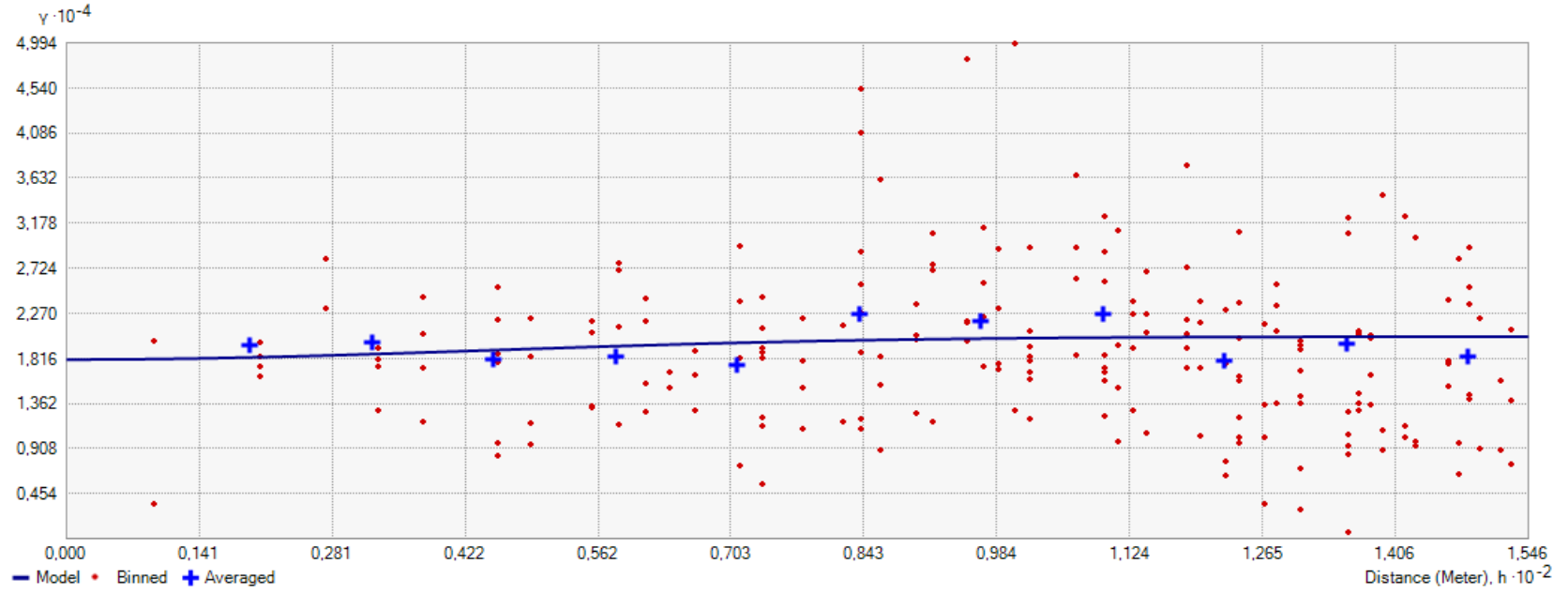




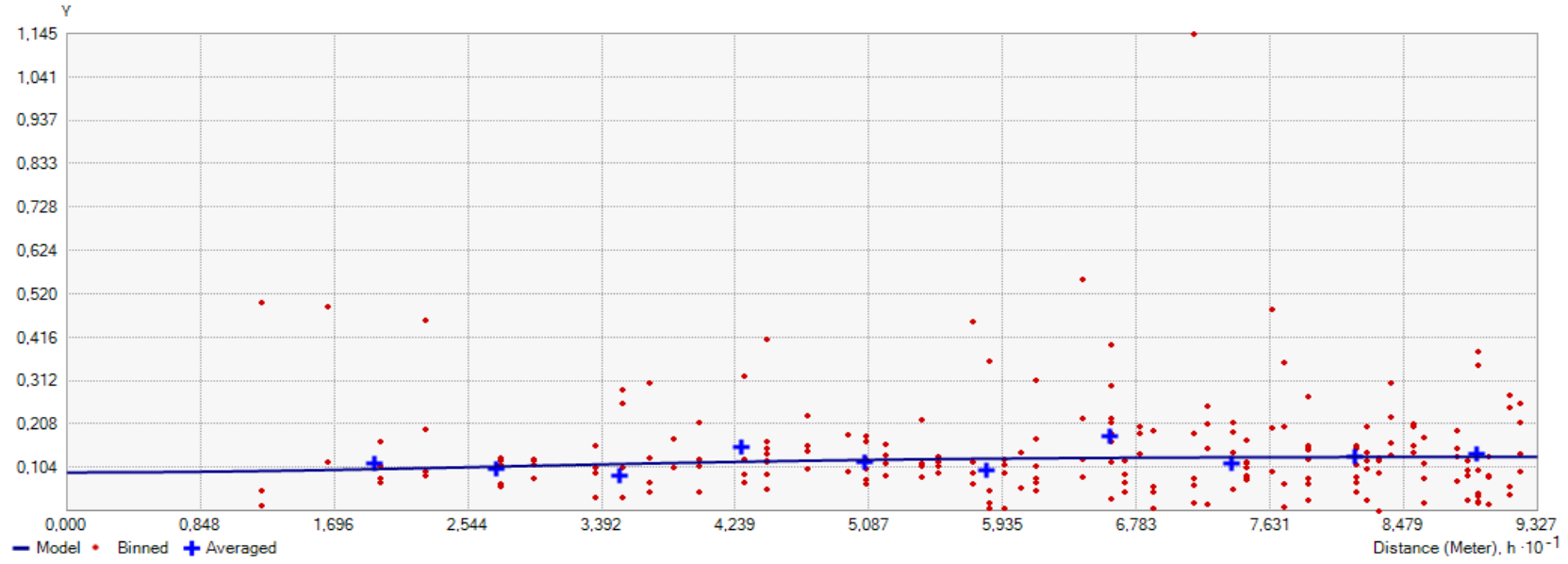
Şekil 4. 4. Kireç parametresine ait semivaryogram grafiği



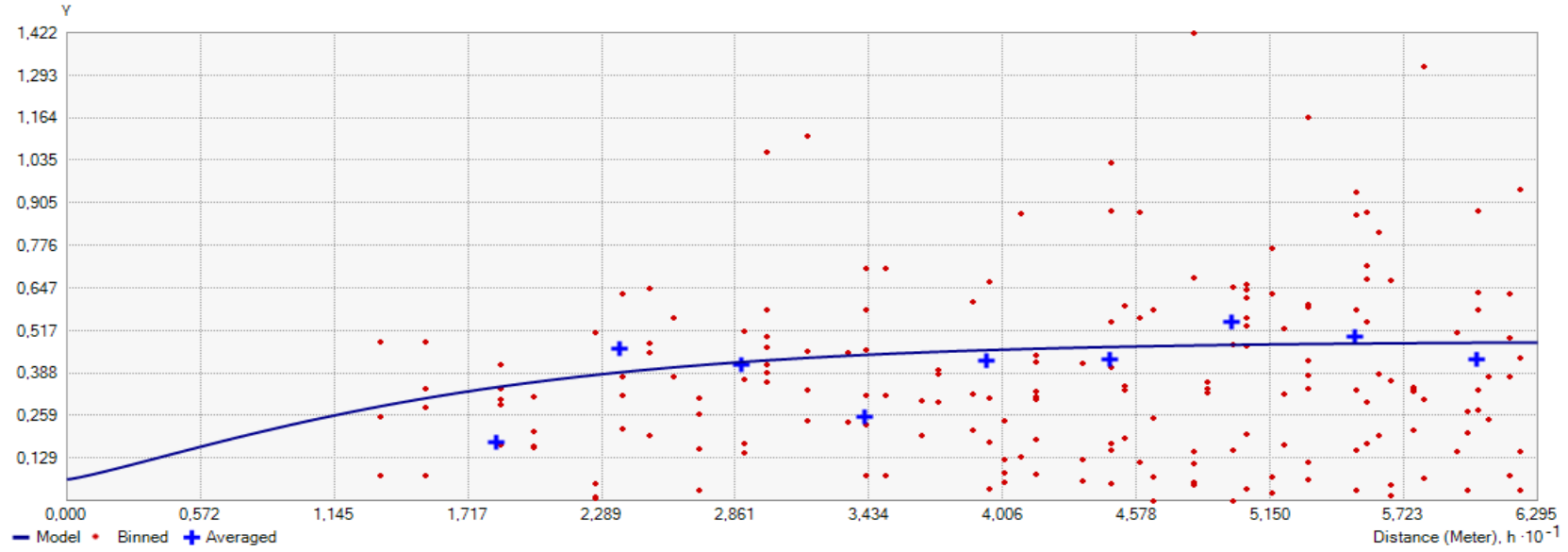
Şekil 4. 5. pH parametresine ait semivaryogram grafiği



Şekil 4. 6. EC parametresine ait semivaryogram grafiği



Şekil 4. 7. Organik Madde parametresine ait semivaryogram grafiği



Şekil 4. 8. Fosfor parametresine ait semivaryogram grafiği

4.2. Toprak Parametrelerinin Kriging Yöntem ile Haritalanması

Semivariogram modelleri oluşturulduktan sonra ordinary kriging yöntemi ile toprak özelliklerine ait yersel değişim haritaları oluşturulmuştur. Toprak özelliklerine ait kriging tekniği ile yapılan tahminler ve çalışma alanındaki dağılımları gösteren haritalar aşağıdaki şekillerde verilmektedir. Haritalar incelenerek toprak parametrelerinin çalışma alanındaki dağılımı incelenebilir. Bu haritalardaki dağılımları elde etmek arazide farklı oranlarda tarımsal uygulamalar (gübreleme, sulama, toprak ıslahı ve drenaj vb. gibi) konusunda avantaj sağlayacaktır.

Çalışma alanı topraklarının kil, silt ve kum içeriklerine göre alansal dağılım bilgileri (Şekil 4.10., 4.11., 4.12.)'de verilmiştir. Söz konusu çizelgede verilen bilgilere göre çalışma alanı toprak bünyesi (tekstür) killidir. Kil içeriği yaklaşık olarak %50'dir.

Toprak tekstürü toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliği üzerine etki eden önemli bir toprak bileşenleridir (Arshad ve Coen, 1992; Dexter, 2004). Toprak tekstür bileşenlerine ait yersel değişim haritaları incelendiğinde çalışma alanının yüksek kil içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.10.). Genetik bir özellik olduğundan dolayı tekstür bileşenlerinin daha uzun mesafelerde değişim göstermesi beklenmektedir. Arazide toprak tekstüründeki yersel değişim toprağın besin depolama ve besin elementlerinin alınabilirliğine, su tutma kapasitesine, suyun yayırlılığine, suyun hareketine ve potansiyel olarak verimliliğine önemli düzeyde etki etmektedir. Toprak tekstürünün bu yersel değişkenliğinin hem bitki türlerinin seçiminde hem de sulama sistemlerinin dizayn edilmesi ve sulama zamanlarının belirlenmesinde dikkate alınması gerekmektedir.

Ancak çalışma alanında toprak tekstürünün çok değişken olması yanısıra organik maddenin genel olarak düşük olması ve bölgede daha çok pulluk ile toprak işlemenin yapılması çalışma alanının önemli bir kısmında zayıf bir agregat oluşumuna neden olmuştur. Muhtemelen bu arazilerde yapılan yoğun toprak işleme yöntemleri ile beraber, organik maddenin düşük olması ve bu alanın tekstür bakımından diğer alanlara göre daha kaba olması AS'nin de düşük olmasına yol açmıştır. Dolayısı ile bu

arazilerin özellikle su ve rüzgar erozyonuna karşı daha hassas oldukları rahatlıkla söylenebilir.

Toprağın birçok fiziksel (strüktür oluşumu, toprağın su tutma kapasitesi ve havalanması, toprak sıcaklığı) (Dexter ve ark., 2008) ve kimyasal (katyon değişim kapasitesi, pH'nın düzenlenmesi, besin elementi alımının artması) (Tan ve Dowling, 1984) özelliği üzerine toprak organik maddesinin direk ve dolaylı etkisinin olduğu bilinmektedir.

Ayrıca toprakta dayanıklı agregatların oluşumu, toprağın erozyona karşı direnç göstermesi, bitki büyümesi ve biyo-çeşitlilik üzerine olan etkilerinden dolayı organik madde önemli bir toprak özelliği olarak kabul edilmektedir (Budak ve ark., 2018). Yoğun bir şekilde uygulanan toprak işleme agregatların parçalanmasına ve agregatlar içinde tutulan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından mineralize edilmesine yol açmaktadır (Polat ve ark., 2012).

Bu durum toprakta organik madde içeriğinin önemli miktarda azalmasına neden olmaktadır (Çelik ve ark., 2010; Acar ve ark., 2017). Çalışma alanının büyük bir kısmında arpa, buğday ve mercimek gibi tarla bitkilerinin üretimi yapılmaktadır. İklim, topoğrafya ve eğim farklılığından dolayı toprak işleme yöntemlerinde önemli bir farklılık görülmektedir. Genellikle sulama imkânlarının olmadığı, buğday ve arpa yetiştirilen alanlarda tohum yatağı hazırlamak için kulaklı pulluk, kùltivatör ve goble diskli tırmık gibi aletler kullanılmaktadır.

Jeoistatistiksel modelleme sonucunda oluşturulan OM haritası (Şekil 4.13.)'de verilmiştir. Jeostatistiksel modellemenin toprak OM'sini tahmin etmede başarılı bir sonuç verdiği görülmektedir. Organik madde içeriği haritada gözlemlendiği gibi genel itibari ile topraklarda düşük miktarlarda dağılım göstermektedir. Haritada tahmin edilen değerler ve yapılan analizlerin sonuçları kıyaslandığında paralel bir tablo oluştuğu görülmektedir.

Toprak pH'sı bitki besin elementlerinin toprakta yayırlılığı üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Truog, 1947). Bu nedenle bitkisel üretimde bitki çeşidi seçiminde ve gübre uygulamalarında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir özelliktir. Bitki besin elementlerinin en yayırlılığ olduğu pH aralığının 6,5 ile 7,5 arasında olduğu bildirilmiştir . Toprak pH'sı 6,5'in altına düştüğünde ve 7,5'in 47 üstüne çıktığında bir kısım besin elementinin yayırlılığının azaldığı rapor edilmiştir (Lindsay ve ark., 1989).

Çalışma alanının pH'sı bitkisel üretim açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. pH'nın 7,5'in üzerinde olduğu yerlerde bitkilerin besin elementi kullanmasında sorunlar yaşanabileceği unutulmamalıdır. Toprak pH'sının yüksek olduğu alanlar bölgede tarla tarımın en yoğun olduğu alanları temsil etmektedir. Bu alanlarda ana materyalin kireçce zengin olmasının yanında kullanılan gübre çeşitleri nedeniyle toprak pH'sının bir miktar yükseldiği düşünölmektedir. Toprak analizi olmadan yapılan gübreleme ve özellikle CAN (Kalsiyum Amonyum Nitrat) gübresinin bölgede fazla kullanılması toprak pH'sının zamanla yükselmesine neden olabilir.

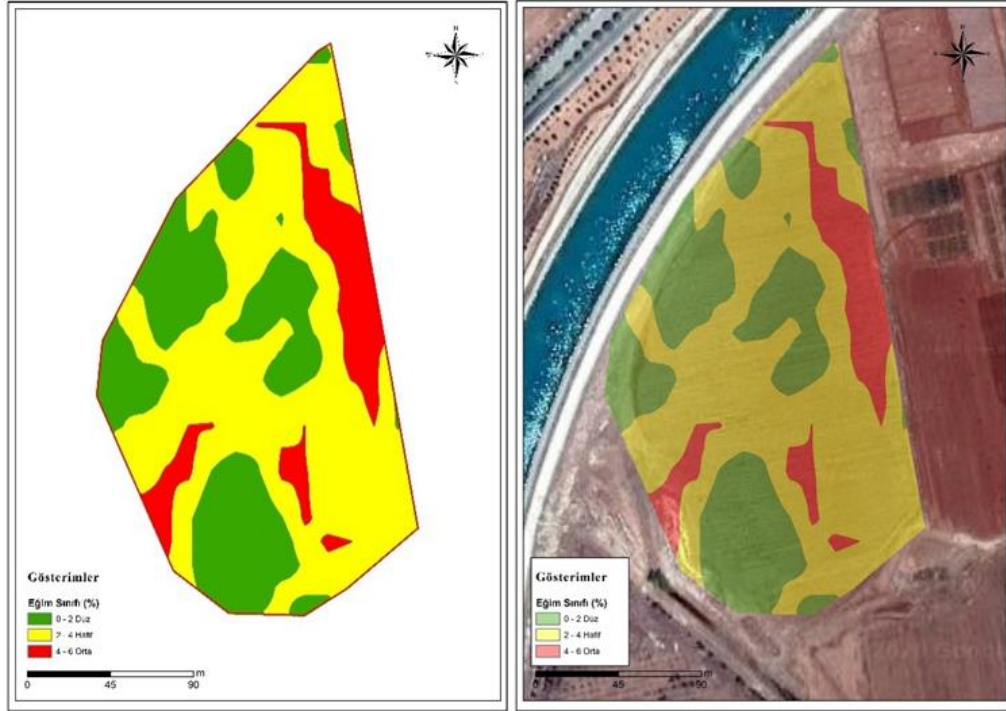
Elektriksel iletkenlik, toprak tuzluluk sınıflamasında kullanılan ve özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde toprak kalitesinin göstergelerinden olan önemli bir parametredir. Tuzlu topraklar genellikle drenaj yolları tam oluşmamış ve yağışın çok az olduğu alanlarda meydana gelmektedir (Faritfeh ve ark., 2005). Çalışma alanının tamamında tuzluluk açısından tarımsal üretimi sınırlayıcı bir durum söz konusu değildir.

Bitki kök gelişimi başta olmak üzere bitkinin birçok fonksiyonu üzerine etkisinden dolayı fosfor bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle tarımsal üretim yapılan alanlarda toprakların yayırlılığ fosfor konsantrasyonlarının mesafeye bağlı değişimi dikkate alınarak noksanlık ve fazlalık olan alanların belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yayırlılığ fosfor için hazırlanan mesafeye bağlı değişim haritası incelendiğinde çalışma alanında fosfor içeriği oldukça yüksek bir yersel değişim göstermiştir (Şekil 4.17.).

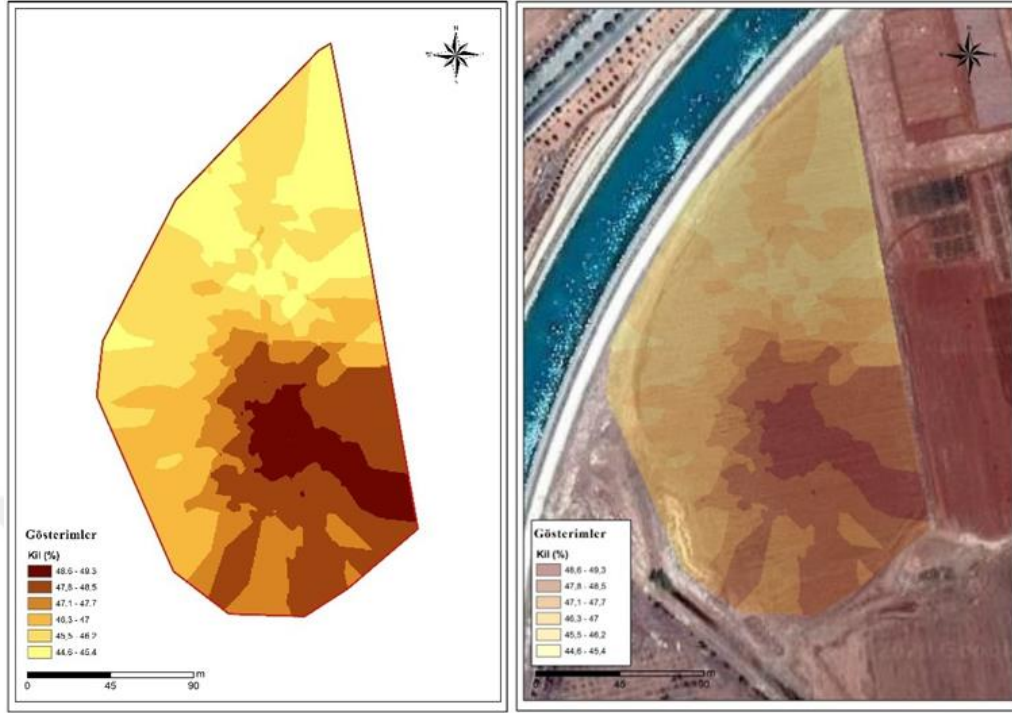
Bunun temel nedenleri; fosfor içerkli gübreler kullanması, çalışma alanı topraklarının farklı ana materyaller üzerinde oluşması nedeni ile toprak tekstürü ve kireç içeriğinin farklı olması ve alanda farklı arazi kullanımlarının bulunmasıdır.

Eyüpoğlu (1999)'un ülkemiz topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada; toprakların büyük bir kısmında alınabilir P miktarının az olduğu rapor edilmiştir.

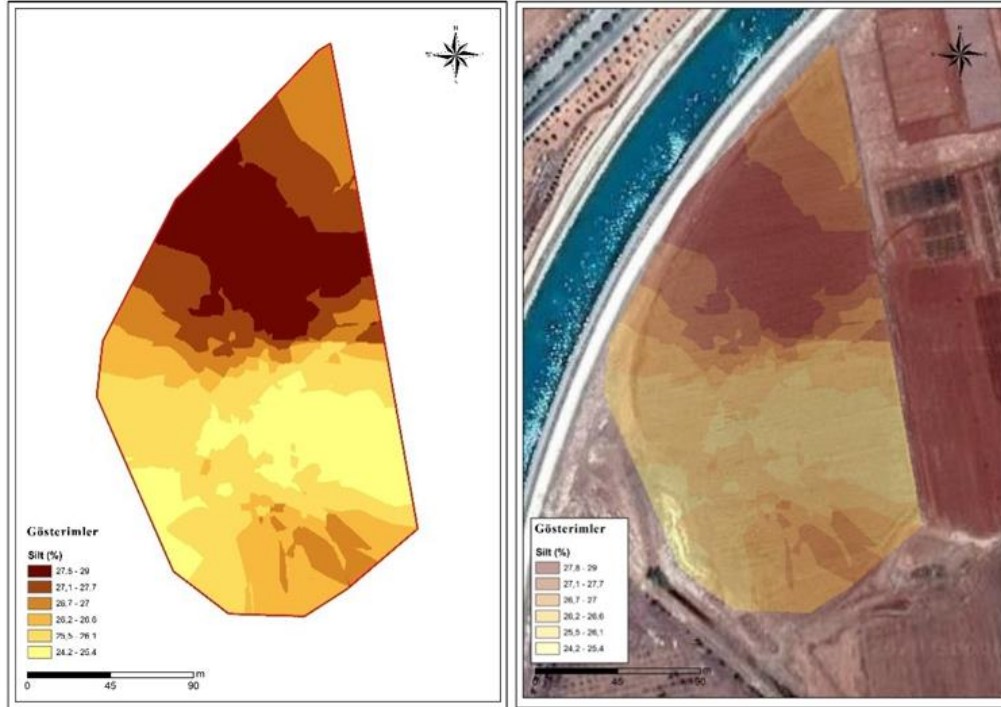
Yüzey toprakların kireç içerikleri genelde az olmakla beraber derinliğin azaldığı kısımlarda yüksektir. Yüzey topraklarında ortalama kireç (%CaCO₃) içerikleri %49.77'dir ve yüzeyde en fazla belirlenen kireç içeriği değeri %54.74'dir. Yüzey topraklarının kireç dağılımı haritası (Şekil 4.14.)'de verilmiştir



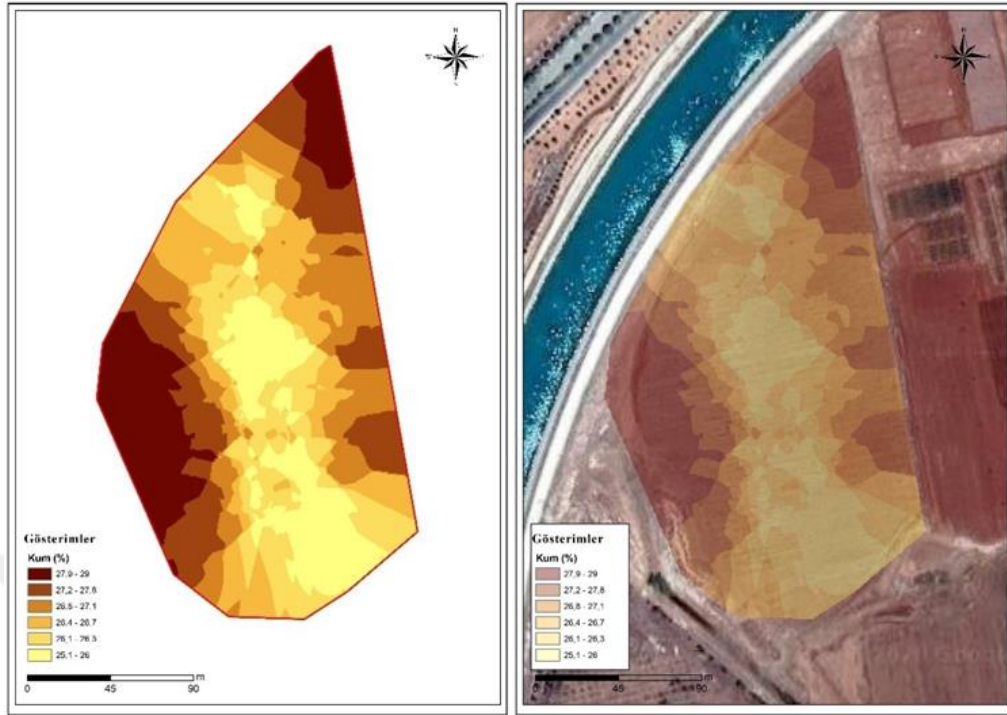
Şekil 4. 9. Çalışma alanı eğim sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



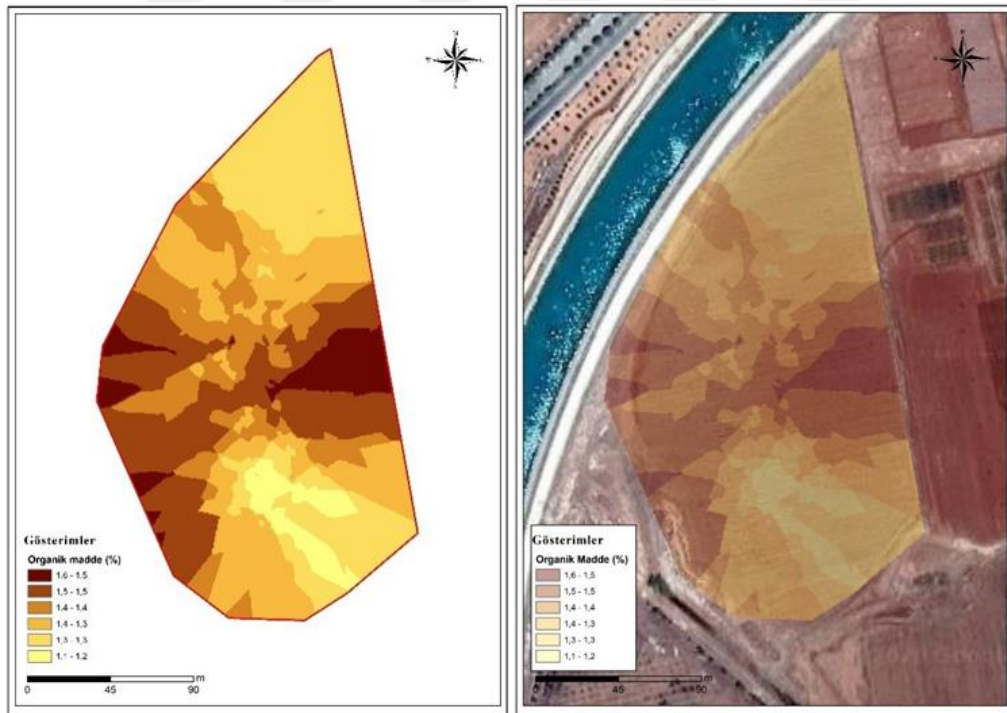
Şekil 4. 10. Çalışma alanı kil sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



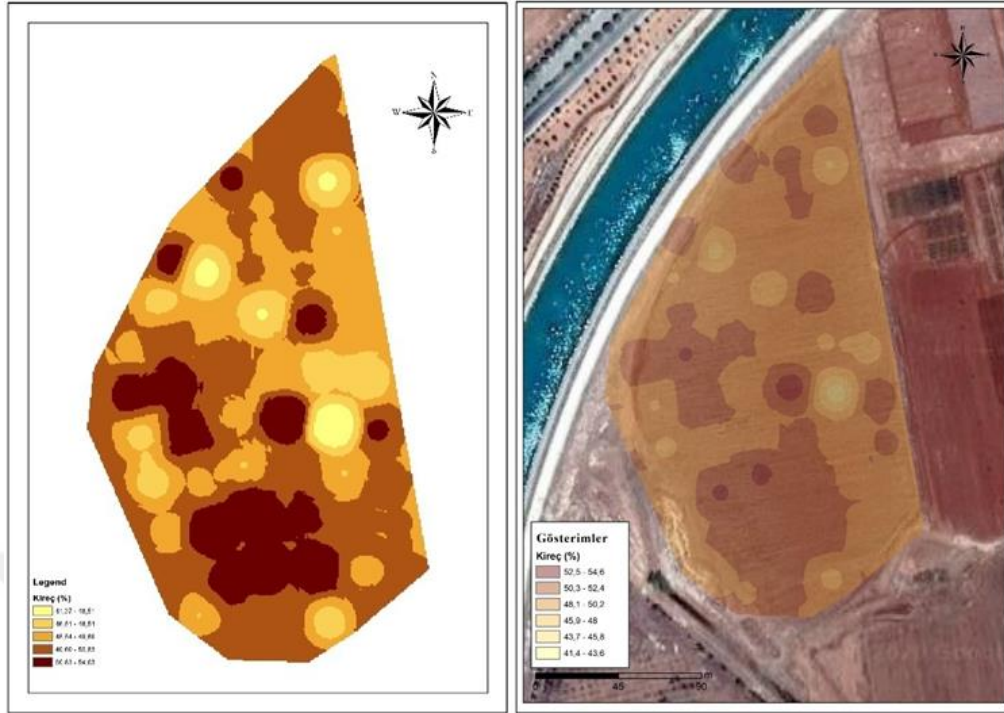
Şekil 4. 11. Çalışma alanı silt sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



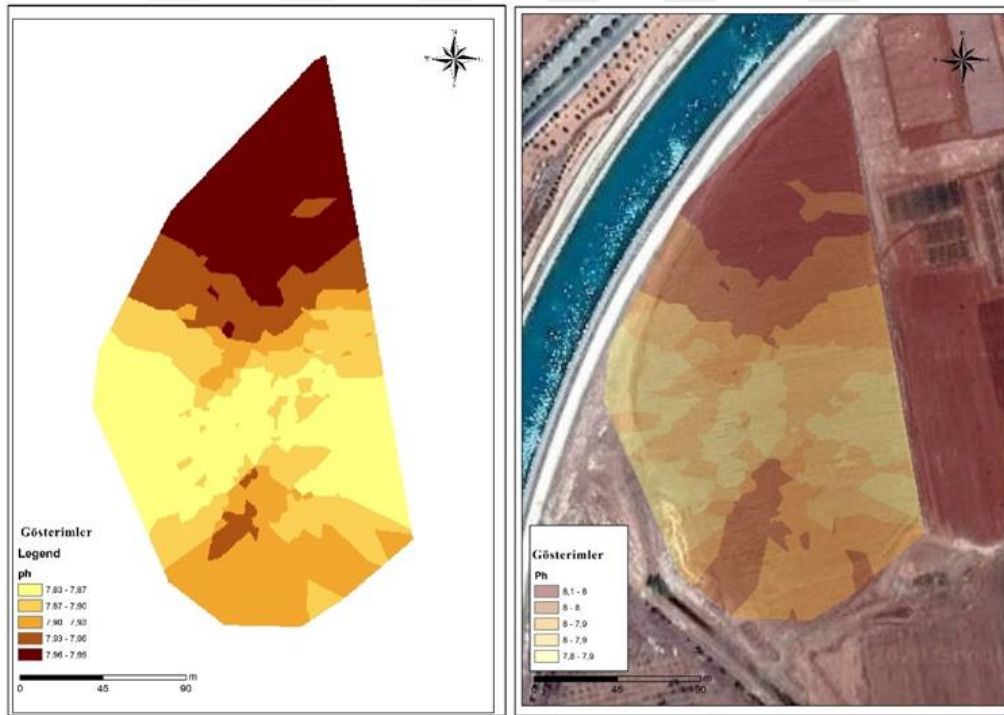
Şekil 4. 12. Çalışma alanı kum sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



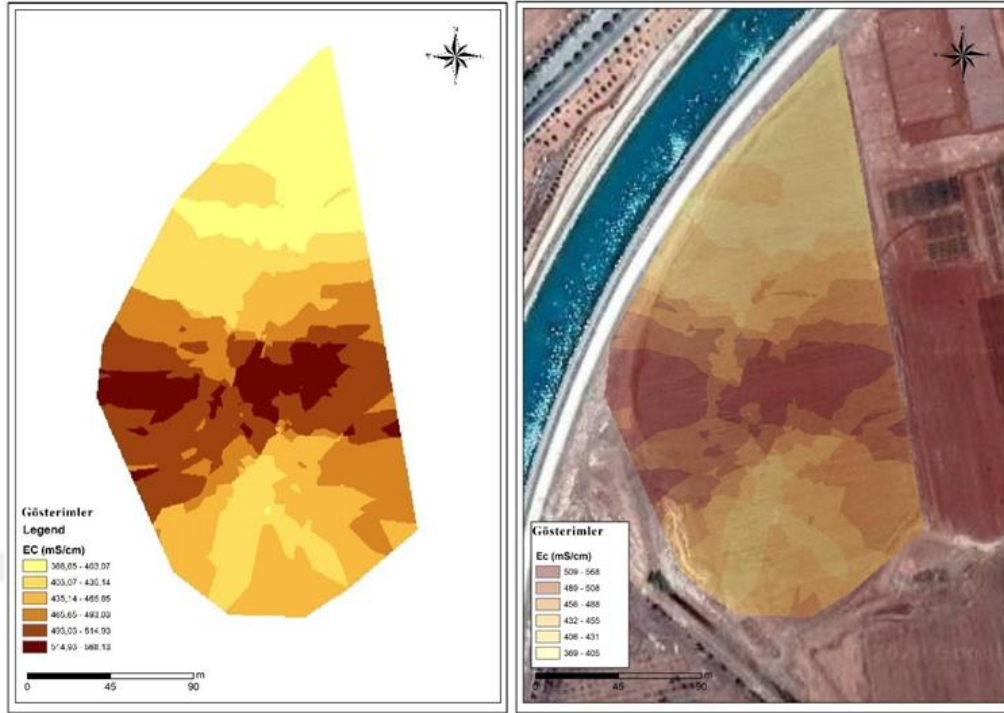
Şekil 4. 13. Çalışma alanı organik madde sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



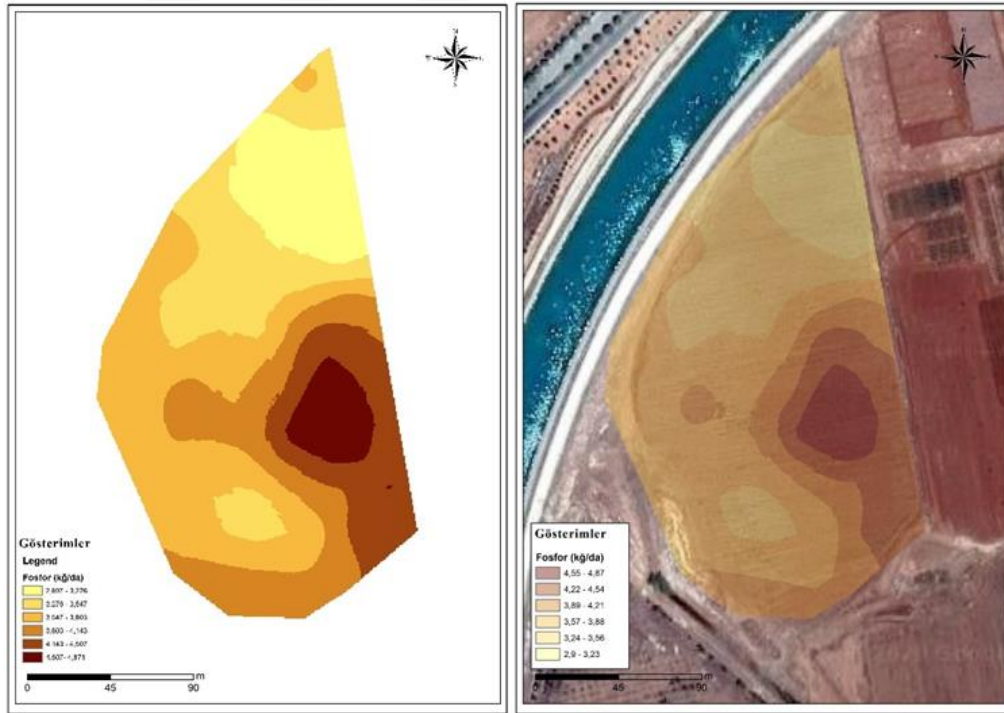
Şekil 4. 14. Çalışma alanı kireç sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



Şekil 4. 15. Çalışma alanı pH sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



Şekil 4. 16. Çalışma alanı EC sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü



Şekil 4. 17. Çalışma alanı fosfor sınıflarının dağılım haritası ve Google earth görüntüsü

4.3. Kriging Yöntemi ile Yapılan Tahminler ve Ölçüm Grafikleri

RMSE değerleri yapılan tahminlerde tahminlerin doğruluk oranını verir. Jeostatistiksel analiz ile kriging yönteminde kullanılan farklı modellere ait RMSE (Root-Mean-SquareError), değerleri (Çizelge 4.4.)' de verilmektedir.

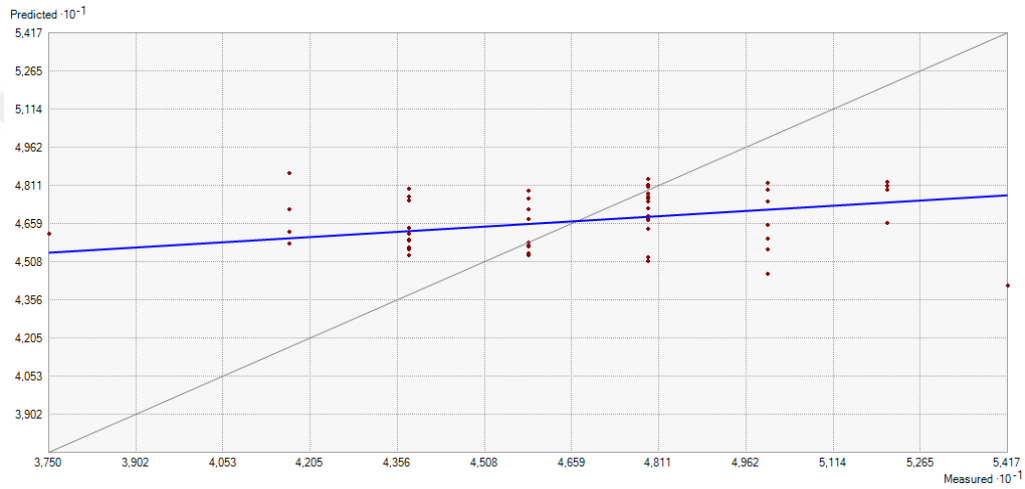
Çizelge 4. 4. Kriging yönteminde kullanılan farklı modellerde elde edilen RMSE değerlerinin karşılaştırılması

Toprak parametresi	Model	RMSE değerleri
Fosfor	Spherical	0.6343*
	Exponential	0.6385
Kum	Spherical	2.9175
	Exponential	2.9025*
Kil	Spherical	3.3915
	Exponential	3.3506*
Silt	Spherical	3.1086*
	Exponential	3.1202
EC	Spherical	0.1422
	Exponential	0.1416*
pH	Spherical	0.1248
	Exponential	0.1243*
Organik madde	Spherical	0.3465
	Exponential	0.3390*
Kireç	Spherical	1.8179
	Exponential	1.8105*

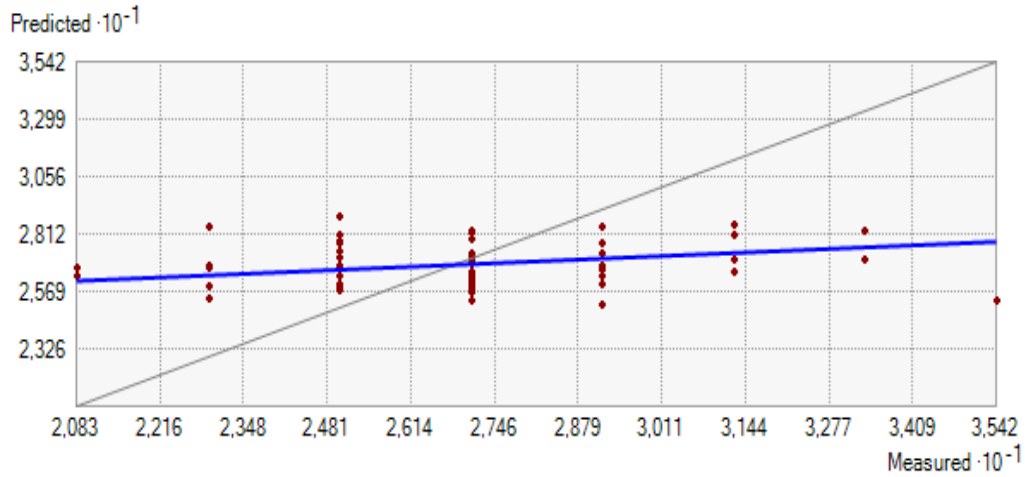
Kriging analiz sonuçlarından elde edilen değerlere göre fosfor parametresi için en düşük RMSE değerini 0.6343 olarak Spherical modele verirken; Organik madde parametresi için en düşük RMSE değerini 0.3390 olarak Exponential model verirken; pH parametresi için en düşük RMSE değerini 0.1243 olarak Exponential model verirken; Kum parametresi için en düşük RMSE değerini 2.9025 Exponential olarak model verirken; Kil parametresi için en düşük RMSE değerini 3.3506 olarak Exponential model verirken; Silt parametresi için en düşük RMSE değerini 3.1086 olarak Spherical model verirken; kireç parametresi için en düşük RMSE değerini 1.8105 olarak Exponential model verirken; parametresi için en düşük RMSE değerini

2.3313 olarak Spherical model verirken; EC parametresi için en düşük RMSE değerini 0.1416 olarak Exponential model vermiştir. RMSE değeri en düşük olan en iyi sonucu vermiştir.

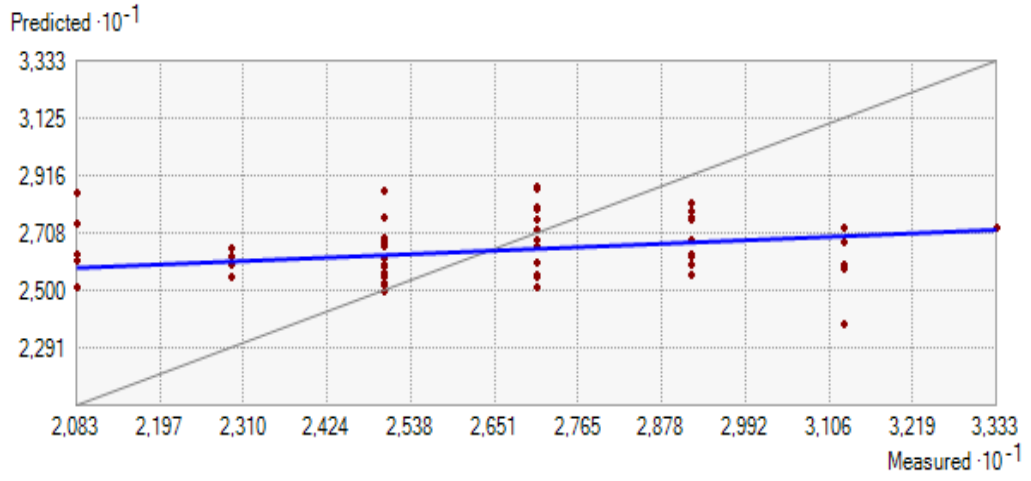
Kiging yöntemi ile elde edilen tahminler ile laboratuvar analiz sonuçları arasındaki farklılık ve benzerlikleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Bu grafikler ölçüm ve tahmin değerlerini karşılaştırmak için elde edilmiştir. Ölçüm ve tahmin değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.



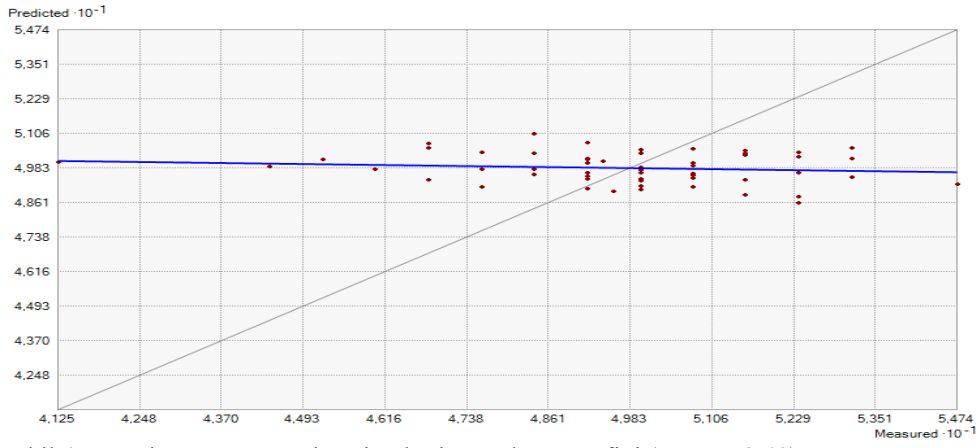
Şekil 4. 18. Kıl parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 3.23)



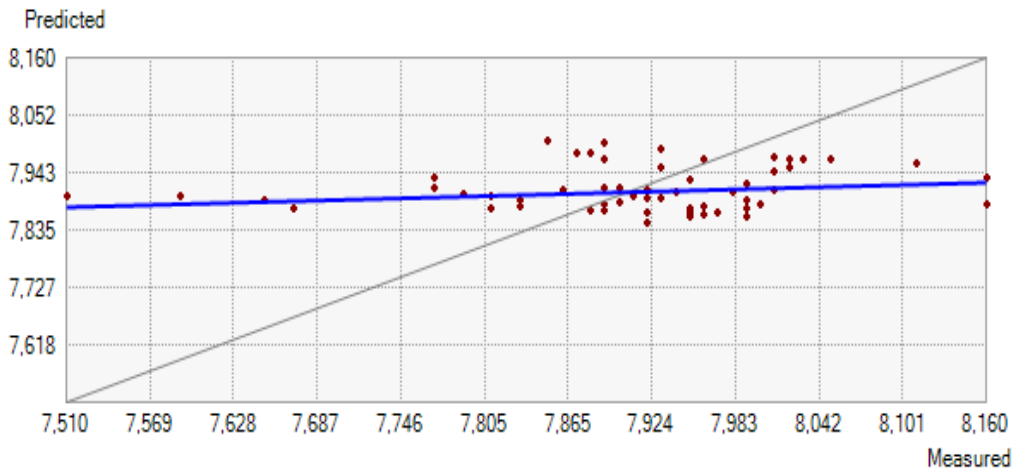
Şekil 4. 19. Kum parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 2.97)



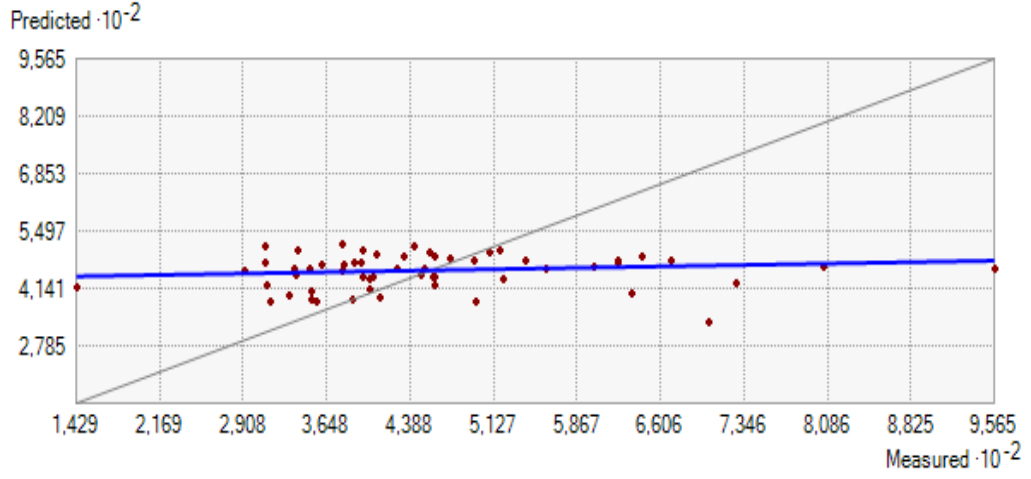
Şekil 4. 20. Silt parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE:3.11)



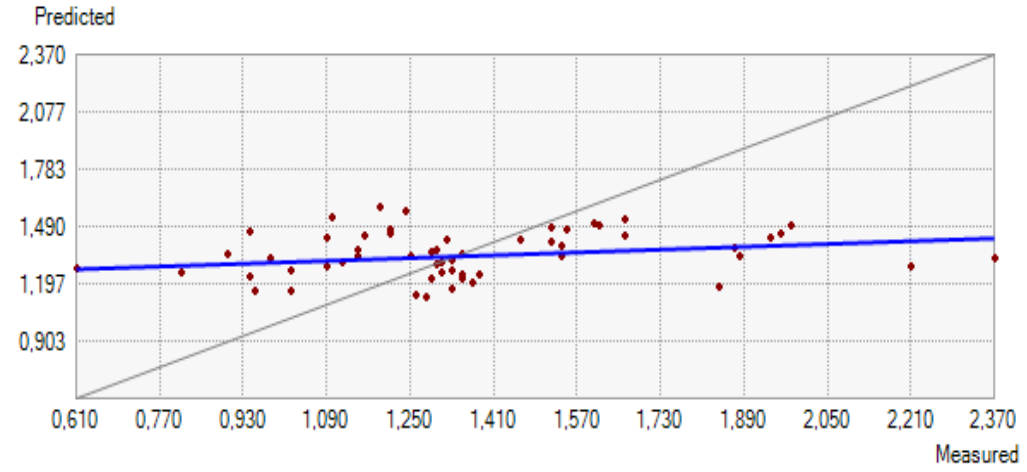
Şekil 4. 21. Kireç parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 2.49)



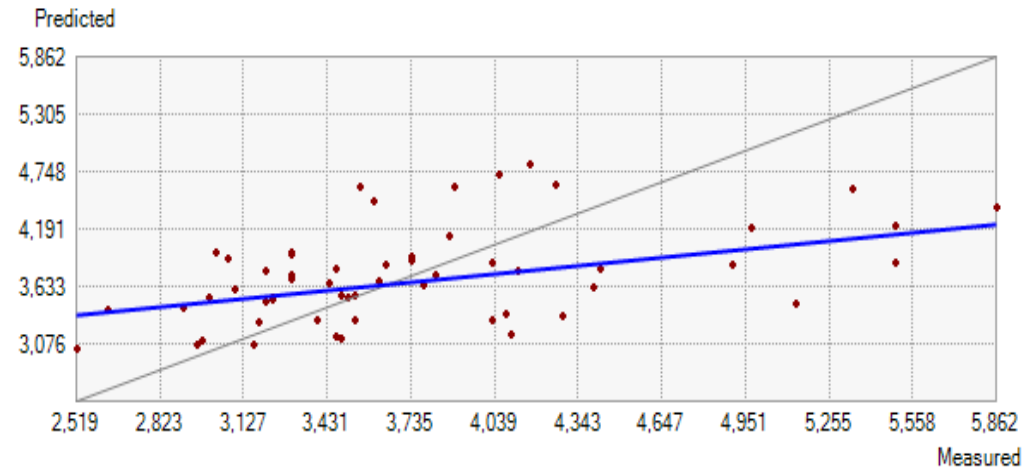
Şekil 4. 22. pH parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.11)



Şekil 4. 23. EC parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 143.78)



Şekil 4. 24. Organik madde parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.33)



Şekil 4. 25. Fosfor parametresine ait tahmin ve ölçüm grafiği (RMSE: 0.66)

Çizelge 4. 5. Toprak parametreleri RMSE değerleri

Toprak Parametreleri	RMSE değerleri
Organik madde	0.33
Fosfor	0.66
Kum	2.97
Kil	3.23
Silt	3.11
Kireç	2.49
pH	0.11
EC	143.78

RMSE değerleri yapılan tahminlerde tahminlerin doğruluk oranının verir. Jeostatistiksel analiz ile kriging yönteminde kullanılan modele ait RMSE (Root Mean Square Error) değerleri (çizelge 4.5.)’de verilmiştir.

Kriging analiz sonuçlarında elde edilen RMSE değerlerine göre fosfor parametresi için RMSE değeri: 0.66 olarak. organik madde parametresi için RMSE değeri : 0.33 olarak. kum parametresi için RMSE değeri: 2.97 olarak. kil parametresi için RMSE değeri: 3.23 olarak. silt parametresi için RMSE değeri: 3.11 olarak. kireç parametresi için RMSE değeri: 2.49 olarak. pH parametresi için RMSE değeri: 0.11 olarak. EC parametresi için RMSE değeri: 143.78 olarak bulunmuştur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Toprakların verimlilik özelliklerinin ve kalite indikatörlerinin belirlenmesi işlemi sürdürülebilir aagroekosistem için önemli rol oynamaktadır. Arazi ve toprak özellikleri dikkate alınarak toprakların verimlilik durumlarının parametrik olarak hesaplanması ve modellenmesi ayrıca alan içerisindeki verimlilik değişkenliklerinin alansal ve konumsal dağılımlarının elde edilmesi, arazi ve topraklarımızın yönetim istekleri ve planlamaları için önemli kaynak ve altlık teşkil etmektedir.

Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde, çokça kullanılan parsel bazlı örnekleme diyebileceğimiz çok noktalı örnekleme ve bu örneklerin jeostatistiksel değerlendirilmesi ile tarımsal verim ve hatta belki de en önemlisi tarımsal karlılık daha da arttırılmaktadır.

Bugün gelişmiş ülkelerde birçok çiftlikte, önemli bir girdi olan gübrenin daha az ve daha etkin kullanımını sağlayan jeostatistiksel yöntemlerle girdi maliyetleri azaltılarak tarımsal karlılık arttırılmaktadır. Bu çalışma incelenen toprakların kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin jeostatistik yöntemlerle incelenmesi sonucu söz konusu toprak karakterlerinin aynı parselde mesafeye bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir.

Bu değişim üzerine toprağın derinliği ve parselle geçmiş ve güncel uygulanan gübreleme hatalarının daha açık olarak anlaşılmasını sağlamıştır. Burada gübreleme hatasından kasıt geleneksel yöntemlerle uygulanan gübrelerin her noktaya eşit düşemeyeceği, gübrenin düştüğü noktada diğer noktalara oranla farklı zaman ve süreçte çözünebileceği veya bitkiler tarafından farklı oranlarda sömürülebileceği gibi etkiler ifade edilmek istenmektedir.

Bu çalışmada Şanlıurfa Harran Üniversitesi çiftlik arazisinde uygulanan grid sistem doğrultusunda toprak örnekleme ile her noktaya ait verimlilik indeksi belirlenmiş ve uygun enterpolasyon modeller sayesinde her bir parametre için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada tarımsal üretim yapılan çiftlik arazisinin

yüzeyinden (0-30 cm) 56 örnekleme yapılarak, karekök metodu yardımıyla toprak verimlilik indeksi hesaplanmıştır. Her bir toprak özelliğine ait analiz sonuçları ve tüm coğrafik veriler jeostatistik metodlar yardımıyla ArcGIS programında veri tabanı oluşturularak analiz edilmiş ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma alanı toprakları çamur akıntıları üzerinde oluşmuş, Kırmızı Kahverengi Büyük Toprak grubunda yer almaktadır. Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre, toprak tekstürü killidir. Kil içeriği yaklaşık olarak %50'dir. Yarıyışlı fosfor değerleri ortalama 3.75 kg/da miktarında olup toprakta düşük miktarda bulunmaktadır. Toprak verimliliği açısından toprakların pH değerleri bitkisel üretime uygundur. Toprakların herhangi bir tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmamaktadır.

Arazide eğimin arttığı (arazinin doğusu) özellikle yüzey altı toprağın kireç miktarına dikkat edilmelidir. Toprakların kireç içerikleri yüksek elektriksel iletkenlikleri (EC), düşüktür. Kirece toleranslı bitki veya anaçların tercih edilmesi iyi bir tarımsal üretim açısından yerinde olacaktır. Toprakların organik madde seviyeleri düşük olduğundan mutlaka organik madde takviyesi yapılması gerekmektedir.

Genel bir ifade ile çalışılan topraklar, kil oranı ve baz doygunlukları yüksek topraklardır. Ancak, laboratuvar analizleri ve jeostatistiksel değerlendirme ile üretilen haritalardan da anlaşılacağı gibi topraklar fosfor bakımından yetersiz seviyededir. Bu durum haritalara göre alanın değişik noktalarında farklılıklar göstermektedir. Bu tip çalışmalarda jeostatistiksel değerlendirme ve haritaların üretimi ile besin maddelerinin diğer alanlara göre farklılık gösterdiği bölgelere daha az/çok gübre atılarak ekonomik ve yerinde gübreleme yapılabilir.

Çalışmada amaçlanan toprağa ait kum, kil, silt, pH, EC, kireç ve fosfor özelliklerinin mekânsal değişkenlik parametreleri dolayısıyla mekânsal bağımlılıkları jeostatistiksel metotlarla başarılı bir şekilde incelenmiştir. Mekânsal değişkenlikleri semivariogram modelleri ile tanımlanmış olup, bu durum incelenen alanın tarım arazisi olmasına ve topografik yapısının düze yakın yapısından kaynaklanmasına bağlanmıştır. Üstel ve Standart küresel variogram modellerinin, organik madde, kireç içeriğini modellemede en güçlü olduğu buna karşılık silt içeriğinin en zayıf olduğu görülmüştür. pH değerini üstel modellemede zayıf, fosfor, kum, kil içeriklerini her iki

modellemede orta oldukları görülmüştür. Buna göre organik madde kireç içeriklerinin daha fazla mekânsal bağımlılığa sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmada elde edilen varyasyon katsayısı (VK) incelendiğinde kireç parametresinin VK'sı (4.74); organik madde 2 mm elekten elde edilen toprak parametresinin VK'sı (25); pH parametresinin VK'sı (1.51); EC parametresinin VK'sı (30.35); kum parametresinin VK'sı (11); kil parametresinin VK'sı (6.97); silt parametresinin VK'sı (11.61); P parametresinin VK'sı (19.73); olarak elde edilmiştir. En düşük değişkenliği pH parametresi (VK= 1.51) ve en yüksek değişkenliğin ise EC parametresi (VK=30.35) vermiştir.

Bu çalışma, tarım alanlarındaki toprak değişkenliğinin önemini ve tarımsal uygulamaların bu değişkenliğe bağlı olarak yapılmasını ortaya koymaktadır. Çalışmada, toprak özelliklerine ait üretilen kriging haritaları, çalışma alanındaki tarımsal faaliyetler için veritabanı niteliğindedir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, bölgedeki benzer alanlardaki toprak değişkenliğinin ortaya konmasında örnek oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ekim, gübreleme, sulama, gibi toprak amenajman uygulamaları çok küçük alanlarda bile yüksek mekansal değişkenlik göstermiştir. Bu nedenle, bir tarladan beklenen verim yalnızca toprak verimliliği parametrelerine değil, aynı zamanda toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimine de bağlıdır.

KAYNAKLAR

- ANONİM, 2015. Soil Quality Indicators. Particulate Organic Matter. USDA Natural Resources Conservation Service.
- AKGÜL, M., ÖZTAS, T., ve CANBOLAT, M.Y., 1995. Atatürk Üniversitesi Topraklarında Tekstürel Degisimin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. İ. Akalın Toprak ve Çevre Semp, I: 82-91, Ankara.
- AŞKIN, T., ve KIZILKAYA, R., 2002. Influence of Cadmium Fractions on Microbiological Properties in Bafra Plain Soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 48(3): 263-272.
- ARSHAD, M. A., and COEN, G.M., 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture, 7(1-2): 25-31.
- BALICI, S. ve AHİ, B. 2015. SPSS Kullanma Kılavuzu Spss İle Adım, Adım Veri Analizi (Çev: SPSS Survival Manual A Step By Step Guide To Data Analysis Using IBM SPSS, J. Pallant) Anı Yayıncılık, Ankara.
- BAŞKAN, O., 2004. Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik-Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 176s.
- BAŞBOZKURT, H., ÖZTAŞ, T., KARABRAHİMOĞLU A., GÜNDOĞAN R. ve GENÇ A., 2013. Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (2): 169-181.
- BAYRAMİN, İ., Toprak Oluşumu, Sınıflandırma ve Haritalama Ders Notları, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/24913/mod_resource/content/0/D6_Chapter61ve62Bayramin_TOPRAK_SINIFLANDIRILMASI.pdf, 10 Temmuz 2021
- BLACK, C. A., 1965. Methods of Analysis Agron. No: 9. Ame. Soc. Agr., Madison Wisconsin, USA.
- BİSHOP, T. F. A., and MCBRATNEY, A. B., 2001. A comparison of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. Geoderma, 103(1-2):149-160.
- BOUYOUCOS, G. J., 1951. A Recalibration of The hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil, Agron J, 43. 434-438.
- BRUBAKER, S.T., 1989. Evaluating Soil Variability as Related to Landscape Position Using Difrent Statistical Meihods. PhD Thesis Texas A&M University, 217 pp.
- BURROUGH, P. A., MACMİLLIAN, R. A., and VAN, D. W., 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observation and topography, Journal of Soil Science, 43:193-210.
- BİSHOP, T. F. A., and MCBRATNEY, A. B., 2001. A comparison of prediction methods for the creation of field-extent soil property maps. Geoderma, 103(1-2):149-160.
- BUOL, S.W., HOLE, F.D., and MCCRACKEN, R. J., 1973. Soil genesis and classification. The Iowa State Uni. Press, Ames, Iowa, USA, 360pp.

- BRUBAKER, S. C., ve HALLMARK, C. T., 1991. A Comparison of Statistical Methods for Evaluating Map Unit Composition. Spatial Variabilities of Soils and Landforms. Editors: Mausbach, M.J. and Wilding, L.P. Soil Sci. Soc. Of, America, Inc, 73-88 pp. Madison Wisconsin, USA.
- BUDAK, M., GÜNAL, H., ÇELGK, G., ACGR, N. ve SIRRI, 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.
- CASTRIGNANO, A., GIUGLIORINI, L., RISALITI, L., and MARTINELLI, N., 2000. Study of Spatial Relationships Among Some Soil Physico-Chemical Properties of a Field in Central Italy Using Multivariate Geostatistics. Geoderma, 97:39-60.
- CHANG, K., 2004. Introduction to geographic information systems. 2nd ed, McGrawHill, New York, 400pp.
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak bilgisi. A.Ü. yayın no: 10.
- ÇELİK, İ., ACAR, M. (2017). Çukurova koşullarında toprak işleme yöntemlerinin agregatlara bağlı toplam karbon ve azot içerikleri üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32 (3), 383-390
- ÇELİK, İ., GUNAL, H., BUDAK, M., and AKPINAR, C., 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. Geoderma, 160(2), 236- 243.
- DEXTER, A.R., 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120(3): 201-214.
- DEY, P., KARWARIYA, S., and BHOGAL, N.S., 2017. Spatial variability analysis of soil properties using geospatial technique in Katni district of Madhya Pradesh, India. International Journal of Plant & Soil Science, 17(3): 1-13.
- DEXTER, A. R., RICHARD, G., ARROUAYS, D., CZYZ, E. A., JOLIVET, C., and DUVAL, O., 2008. Complexed Organic Matter Controls Soil Physical Properties. Geoderma. Volume 144, Issues 3–4, P: 620–627.
- DEUTSCH, V., and JOURNAL, A. G. GSLIB., 1998. Geostatistical Software Library and User's Guide. 340pp. Oxford University Press, New York. NY. (1998). Pp. 340.
- DSİ., 1971. Aşağı Fırat Projesi Urfa- Harran Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporu. DSİ 10. Bölge Müdürlüğü Projesi. Proje No:2108.03.01.
- DENGİZ, O., ve İMAMOĞLU, A., 2016. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsüne Bağlı Olarak Toprak Erozyon Duyarlık Faktörünün Konumsal Değişiminin Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim, Ankara, s.750-759.
- DİKİCİ, H., 2001. Toprak Biliminde Kullanılan Bazı Jeostatistik Yöntemleri. Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu, 20-22 Eylül, Kahramanmaraş, s.76-81.
- Dİ, H. J., TRANGMAR, B. B., and KEMP, R. A., 1989. Use of Geostatistics in Designing Sampling Strategies for Soil Survey. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 163-167.
- DOĞAN, O., 1983-1992. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Çevre ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Tövep Projesi.

- ERYILMAZ, H., 2010. Mekânsal İstatistikte Nokta Örüntü Teknikleri ve Bir Uygulama. Fen Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- ESRİ, 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI, 380 New York Streets, Redlands, CA, USA.
- ERDİNÇ, Z. ve ERDİNÇ, M. H. (2018). The Place of Turkey in Agricultural Economics Agricultural Policies. Journal of Current Researches on Business and Economics, 8 (2), 69-84
- EVLİYA, H. 1964. Kültür bitkilerinin beslenmesi. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları. Sayı 36.
- EYÜPOĞLU, F. and TRACKED, 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 221s.
- FARİTFEH, J., FARSHAD, A., and GEORGE, R. J., 2005. Assesing Salt-Affected Soils Ussing Remote Sensing, Solute Modelling, and Geophysics. Geoderma 130(20 06) 191-206.
- FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- GEORGE, T. S., RICHARDSON, A. E., HADOBAS, P. A. and SIMPSON, R. J., 2003. Rhizophere Limitationsto The Efficiency of Phytase-Phtate Interactions. Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in The Soil-Plant Contium, s.48-49.
- GODERYA, F. S., 1998. Field Scale Variations in Soils Propertics for Spatially Variable Control: A Review, Journai Of Soil Contamination, 7(2):243-264.
- GOOVAERTS, P., 2001.Geostatistical modelling of uncertainty in soil science. Geoderma, 103(1-2):3-26.
- HALLORAN, O. I. P., KACHANOSKİ, R. G., STEWART, J. W. B., 1985. Spatial variability of soil phosphorus as influenced by soil texture and management. Canadian Journal of Soil Science, 65(3): 475-487.
- JANSEN, I. J., ARNOLD, R. W., 1976. Defining Ranges of Soil Characteristics. SoilSci. Soc. Am. J., 40:89-92.
- JOURNEL, A.G., and HIIJBREGTS, C. H., 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, United Kingdom, 600s.
- KAÇAR, B. ve KATKAT, V. A., 1997. Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No:5, Bursa.
- KORKMAZ, K., 2005. Kireçli Toprakların Fosfor Durumlarının Belirlenmesi ve Fosfor Uygulamasının Mısır Verimine Etkisi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 126s.
- LAL, R., 2004. Soil Carbon Sequestration İmpacts on Global Climate Changeand Food Security. Science, 304: 1623-1627.MYRES, D. E., 1982. Matrix for mulation of cokriging. Mathematical Geology, 14:249-257.
- LİND SAY, W. L., VLEK, P. L. G., and CHİEN, S. H., 1989. Phosphate minerals. In Minerals in soil environment. Soil Science Society of America, 2nd edn. Eds J B Dixon and S B Weed. pp. 1089–1130.Madison, WI, USA.
- MCBRATNEY, A. B., ODEH, I. O. A., BİSHOP, T. F. A., DUNBAR, M. S., and SHATAR, T. M., 2000. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma, 97(3-4):293- 327.
- MULLA, D. J., and MCBRATNEY, A. B., 2000. Soil Spatial Variability. A-321 i-A-351, In Handbook of Soil Science, Maicoim E. Sumner(ed. in chie) CRS Press.

- MYRES, D. E., 1982. Matrix formulation of cokriging. *Mathematical Geology*, 14:249-257.
- NELSON, D.W. SOMMERS, L.E.. 1992. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter, *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9.2.2, Second Edition, Editor(s):A.L. Page, American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Book Series: Agronomy Monographs. P.539-579.
- NORDÍ L. C., JACOB, J. S., and WIIDING, I.P., 1991. Quantifying Map Unit Composition for Quality Control in Soil Survey. p. Spatial Variabilities of Soil and Land forms. Editors: Mausbach, M.j. And Wilding. L.P. Soil Sci. Soc. of America, Inc. 183-197, Madison Wisconsin, USA.
- ODEH, I. O. A., MC. BRATNEY, A. B., and CHITTLE, B. D. J., 1992. Fuzzy means and kriging for mapping soil as a continuous system. *Soil Science Society of America Journal*, 56:1848-1854.
- OLEA, R. A., 1975. Optimum Mapping Technique Using Regionalized Variable Theory: Series on Spatial Analysis. Kansas Geological Survey, Kansas, 137pp.
- OLIVER, M. A., and WEBSTER, R., 1990. Kriging: a Method of Interpolation for Geographical Information Systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 4(3):313-332.
- OLIVER, M. A., and WEBSTER, R., 1991. How Geostatistic Can Help You. *Soil Use Manag*, 7, 206-217.
- ONGUN, A. R., 2008. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 139s.
- ÖZDEMİR, Ş., GÜNAL, H., ACİR, N., ARSLAN, H., ÖZAYDIN, KAHYAOĞLU, S.E., AĞAR, A.M., 2019. Çerikli sulama sahasında toprak tuzluluğunun tahmininde deterministik ve stokastik enterpolasyon yöntemlerinin kullanımı. *Toprak Dergisi*, 8(1).
- ÖZTAŞ, T., 1995. Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Temmuz, Cilt I. Ankara, s.271-280.
- ÖZTÜRK, E., ve ÖZDEMİR, N., 2006. Topraklarda Kabuk Tabakası Oluşumu. Çeşitleri Ve Önlenmesi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(2):275-282. Samsun.
- PEBESMA, E.J., 2001. *gstat User's Manual*. Dept. of Physical Geography, Utrecht University, Utrecht. 24 pp.
- PICCINI, C., MARCHETTI, A., and FRANCAVIGLIA, R., 2013. Estimation of Soil Organic Matter by Geostatistical Methods: Use of Auxiliary Information in Agricultural and Environmental Assessment, *Ecological Indicators*, 36: 301-314.
- PIERCE, F.J., LARSON, W.E., DOWDY, R. H., and GRAHAM, W.A.P., 1983. Productivity of Soils. Assessing Long-Term Changes due to Erosion. *Journal of Soil and Water Conservation* (38): 39-44.
- POLAT, O., POLAT, S., ve AKÇA, E., 2012. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus Karabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel, 313-319.
- RAMAZANOĞLU, E., 2017. Kahramanmaraş topraklarında çoklu-elementel analiz metodlarının (mechlich 111 ve amonyum bikarbonat-dtpa) klasik toprak analiz metodlarıyla karşılaştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, s. 37.

- RICHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USA, Salinity Laboratory, s. 60.
- ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C., KIMERLING, A. J., and GUPTILL, S. C., 1995. Elements of Cartography. 6th ed, WileyPress, New York, USA, 674pp.
- ROGER, A., LIBOHOVA, Z., ROSSIER, N., JOOST, S., MALTAS, A., FROSSARD, E., and SINAJ, S., 2014. Spatial variability of soil phosphorus in the Fribourg canton. Switzerland. Geoderma, 217-218: 26-36.
- ROGOWSKI, A. S., and WOLF, K. J., 1994. Incorporation Variability into Soil Map Unit Delineation. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:163-174.
- SAMRA, J.S., SINGH, V.P., SHARMA, K.N.S., 1988. Analysis of spatial variability in sodic soils. 2. Point and block –kriging. Soil Science 145(4): 250-256.
- SAYGAN, P. E., 2007. Harran Ovasındaki Bazı Toprak Serilerinin Fosfor Fraksiyonları. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 59s.
- SCULL, P., OKIN, G., CHADWICK, O. A., and FRANKLIN, J., 2005. A Comparison of Methods to Predict Soil Surface Texture in an Alluvial Basin. Professional Geographer. 57(3):423-437.
- SOIL SURVEY STAFF, 1998. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Natural Resources Conservation Service, Eight Ed. Washington DC., 326 p.
- TABAN, S., 2013. Tarımda Organik Madde ve Tavuk Gübresi. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 10: 9-13.
- TAN, K. H., and DOWLING P.S., 1984. Effect of Organic Matter on CEC Due to Permanent and Variable Charges in Selected Temperate Region Soils Geoderma. Volume 32, Issue 2, P: 89–101.
- TERCAN, E. A., ve SARAÇ, C., 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. TMMOB Jeoloji Odası Yayınları, No: 48 (137), Ankara.
- TRUOG, E., 1947. Soil reaction influence on availability of plant nutrients. Soil Science Society of America Journal, 11(C): 305-308.
- TRANGMAR, B. B., YOST, R. S., and UEHARA, G., 1985. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. Advances in Argon, 38:45-94.
- TURGUT, B., ve ÖZTAŞ, T., 2012. Bazı Toprak Özelliklerine Ait Yersel Değişimin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2): 10-22
- TUNCAY, T., 2004. Çiçekdağ-Kırşehir Tarım İşletmesi Topraklarının Detaylı Toprak Etüt ve Haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- TÜZÜNER, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarlar El Kitabı Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- TOVEP (1991) Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri. T.C. Tarım ve Orman Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- USOWICZ, B., and LIPIEC, J., 2017. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. Soil and Tillage Research, 174: 241-25055-67.

- UYGUÇGİL, H., 2007. Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı. Maden Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- ÜNAL, D., 1981. Denizli-Çivril-Tokça Kömürlü Neojen Havzası Jeoloji Raporu. MTA Rapor No: 1017, s.8.
- VASU, D., SINGH, S.K., SAHU, N., TIWARY, P., CHANDRAN, P., DURASAMI, V.P., RAMAMURTHY, V., LALITHA, M., KALAISELVI, B., 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. *Soil & Tillage Research*, 169, 25– 34
- VINCENT, M., MAJA, K., SUNDQVIST, D. A., and GIESLER, R., 2014. Bioavailable Soil Phosphorus Decreases with Increasing Elevation in a Subarctic Tundra Landscape. *PLOS ONE*, 9(3): 92-94.
- WARRICK, A.W., MYERS, D.E. and NIELSEN, D.E., 1986. Geostatistical Methods Applied to Soil Science. In A. Klute (ed) *Methods of Soil Analyses Part I: Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA, P. 53-57, Madison, WI.
- WEBSTER, R., and OLIVER, M. A., 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists* John Wileyand Sons Ltd. Chichester:Wiley.
- WILDING, L. P., BOUMA, J., and GOSS, D. W., 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretati ve Modelling. *Quantitve Modelling of Soil Forming Processes*. R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) *Soil Sci. Soc. Am. J SpecialPublication Number 39*, Madison Wisconsin, 65-75, USA.
- WANG, Y. Q., and SHAO, M.A., 2013. Spatial Variability of Soil Physical Properties in a Region of the Loess Plateau of Pr China Subject to Wind and Water Erosion. *Land Degradation & Development*, 24: 296-304.
- YANG, X., and HODLER, T., 2000. Visual and Statistical Comparisons of Surface Modeling Techniques for Point-Baseden Vironmental Data. *Cartography and Geographic Information Science*. 17(2):165-175.
- YATES, S. R., WARRICK, A.W., and MYERS, D. E., 1986. DisjunctiveKriging: Overview of Estimation and Conditional Probability. *Water Resources Research*, 22:615-621.
- YÜZBAŞIOĞLU, A., ve DAĞLIOĞLU, M., 2011. *Toprak, Yaprak ve Su Analizi El Kitabı*. Anadolu Yakası Park ve Bahçeler Müdürlüğü, İstanbul, 40s.
- ZHANG, Y., (2011). *Introduction to Geostatistics*. Course Notes. Uni. of Wyoming, Draft date January. 12.