



**DERİNKALE (URUMIA-İRAN) HAVZASI
TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL
DEĞİŞİM PATERNLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Ali Sheikhi POORPAK

**Doktora Tezi
Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
2016
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DERİNKALE (URUMIA-İRAN) HAVZASI TOPRAK
ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİM PATERNLERİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

Ali Sheikhi POORPAK

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü



TEZ ONAY FORMU

DERİNKALE (URUMIA-İRAN) HAVZASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİM PATERNLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ danışmanlığında, Ali Sheikhi POORPAK tarafından hazırlanan bu çalışma, 28/10/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Toprak Bilimi Bilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

İmza :

Üye : Prof.Dr. Mustafa TAN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Coşkun GÜLSER

İmza :

Üye : Doç.Dr. Tuğrul YAKUPOĞLU

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **10.11./2016** tarih ve **43.../..20....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

DERİNKALE (URUMIA-İRAN) HAVZASI TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN YERSEL DEĞİŞİM PATERNLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Ali Sheikhi POORPAK

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

Danışman: Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Sürdürülebilir toprak yönetimi açısından alana özgü toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, Derinkale havzası (Urumia-Iran) topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel değişim paternlerinin belirlenerek, toprak verimliliği ve yönetimi açısından kullanılabilir georeferanslı haritalar üretmektir. Yaklaşık 1800 hektarlık çalışma alanını temsilen 500x500 m grid sistemine göre 80 ayrı noktadan alınan yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde tekstür, organik madde, pH, kireç, elektriksel iletkenlik, değişebilir katyonlar (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+), değişebilir Na yüzdesi (ESP), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), katyon değişim kapasitesi (KDK), toplam azot, bitkiye yararlı fosfor (P_{ava}) ve bitkiye elverişli potasyum (K_{ava}) belirlenerek her bir özelliğe ait yersel değişim paterni jeostatistiksel yöntemlerle modellenmiş ve dağılım haritaları üretilmiştir. Çalışma alanı topraklarının genellikle orta bünyeli, organik maddece zengin, orta-bazik, çok kireçli, tuzsuz ve alkalilik sorunu olmayan orta düzey verimli topraklar olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında en yüksek mekânsal bağımlılık pH ve K_{ava} , en düşük mekânsal bağımlılık ise P_{ava} için tanımlanmıştır. Çalışma alanı topraklarının incelenen özelliklerine ait yersel değişim paternlerinin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu, özellikle OM ile KDK ve toplam azot, kireç içeriği ile pH, EC ile ESP ve SAR değişim haritalarının yüksek düzeyde uyumlu oldukları saptanmıştır. Bu çalışma sonunda Derinkale havzası topraklarının bitkisel üretim açısından önemli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait georeferanslı yersel değişim haritaları hazırlanarak, çalışma havzası topraklarının sürdürülebilir kullanım ve planlanmasına yönelik yürütülecek çalışmalar ve geliştirilecek stratejiler için önemli bir kaynak hazırlanmıştır.

2016, 89 sayfa

Anahtar Kelimeler: Toprak özellikleri, yersel değişkenlik, jeostatistik, toprak yönetimi, Urumia (Iran)

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

ASSESSMENT OF SPATIAL DISTRIBUTION PATTERNES OF DERINKALE (URUMIA-IRAN) WATERSHED SOILS USING GEOSTATISTICAL METHODS

Ali Sheikhi POORPAK

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

Supervisor: Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Assessment of spatial variability patterns of soil properties is very important for sustainable soil management. The objective of this study was to determine spatial distribution patterns of some physical and chemical properties of soils in Derinkale watershed (Urumia-Iran) and to produce geo_referenced maps important for soil fertility and management. The study area with a size of approximately 1800 ha was gridded by 500x500 m, and 80 surface soil samples (0-20 cm) were collected from each cell and analyzed for soil texture, organic matter, pH, CaCO₃, electrical conductivity (EC) exchangeable cations (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ and K⁺), exchangeable sodium percentage (ESP), sodium adsorption ratio (SAR), cation Exchange capacity (CEC) total N, plant available P (P_{ava}) and plant available K (K_{ava}). Spatial distribution patterns of measured soil properties were obtained using geostatistical analysis. The results indicated that the soils of the study area were medium textured, rich in organic matter, slightly alkaline, high in lime, without salts and no alkalinity problem. The highest spatial variability was obtained for pH and K_{ava} and the lowest for P_{ava}. The distribution patterns of measured properties showed great similarities, especially for organic matter with CEC and total N, lime content with pH, EC with ESP and SAR. The main output of this Dissertation study was the preparation of georeferenced spatial distribution maps of soil properties important for plant production which is believed that these maps will be good references for making strategies and planning for sustainable use of the Derinkale watershed.

2016, 89 pages

Keywords: Soil properties, spatial variability, geostatistics, soil management, Urumia (Iran)

TEŞEKKÜR

Bu doktora tezinde danışmanlığımı yapan ve çalışma sũresince desteklerini hiç esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Taşkın Öztaş'a çok teőekkũr ederim. Desteklerini gũrdũđũm bũlũm hocalarıma ve laboratuvar ve arazi alışlamalarımda yardımcı olan lisansũstũ Őđrenci arkadaşlarıma teőekkũrlerimi sunarım. Ayrıca bu zorlu sũrekte maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli eşime teőekkũr ederim.

Eylũl 2016

Ali ŐHEİKHİ POORPAK

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Çalışma alanının iklim özellikleri	12
3.1.2. Çalışma alanının jeolojisi	13
3.1.3. Çalışma alanının topografik özellikleri	13
3.1.4. Çalışma alanının genel özellikleri	15
3.1.5. Örnekleme	15
3.2. Yöntemler	16
3.2.1. Jeostatistiksel metodoloji	16
3.2.1.a. Semivariogram analizi	17
3.2.1.b. Kriging analizi	20
3.2.1.c. Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	21
3.2.3. Toprak analizleri.....	22
3.2.4. İstatistiksel analizler.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	24
4.2. Yersel Değişim Modelleri ve Dağılım Haritaları	29
4.2.1. Tekstür	33
4.2.1.a. Kil içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	33

4.2.1.b. Silt içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	37
4.2.1.c. Kum içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin haritalanması.....	39
4.2.2. Organik madde.....	43
4.2.2.a. Organik maddenin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	44
4.2.3. Toprak reaksiyonu (pH)	47
4.2.3.a. Toprak pH'sının mesafeye bağlı değişiminin haritalanması	48
4.2.4. Kireç.....	51
4.2.4.a. Kireç içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	51
4.2.5. Elektriksel iletkenlik	54
4.2.5.a. Toprak tuzluluğunun (EC göstergeli) mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması.....	54
4.2.6. Değişebilir katyonlar (Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ ve K ⁺)	57
4.2.6.a. Değişebilir katyonların (Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ ve K ⁺) mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	57
4.2.7. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR).....	63
4.2.7.a. Değişebilir sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranının mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	63
4.2.8. Katyon değişim kapasitesi (KDK)	67
4.2.8.a. Katyon değişim kapasitesinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması.....	67
4.2.9. Toplam azot.....	70
4.2.9.a. Toplam azotun mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	71
4.2.10. Bitkiye yararlı fosfor (P _{av})	73
4.2.10.a. Bitkiye yararlı fosforun mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması	74
4.2.11. Bitkiye yararlı potasyum (K _{av}).....	76
4.2.11.a. Bitkiye yararlı potasyumun mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması.....	77

5. SONUÇ	79
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	91



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait Google earth görüntüsü	11
Şekil 3.2. Çalışma alanının yağış ve sıcaklık ortalamalarının aylara göre dağılımı	12
Şekil 3.3. Çalışma alanının jeolojisi	13
Şekil 3.4. Çalışma alanına ait topografik haritalar	14
Şekil 3.5. Çalışma alanı topografik haritası üzerinde oluşturulan grid örnekleme deseni	15
Şekil 3.6. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin alındığı yerler	16
Şekil 3.7. Tipik bir semivariogram modeli ve model parametreleri	19
Şekil 3.8. Yaygın olarak kullanılan semivariogram modellerinin karşılaştırılması	20
Şekil 4.1. Çalışma alanı topraklarının kil içeriklerinin alansal dağılımı	34
Şekil 4.2. Çalışma alanında kil içeriğinin yersel değişim paterni.....	36
Şekil 4.3. Çalışma alanı topraklarının silt içeriklerinin alansal dağılımı.....	37
Şekil 4.4. Çalışma alanında silt içeriğinin yersel değişim paterni	38
Şekil 4.5. Çalışma alanı topraklarının kum içeriklerinin alansal dağılımı	39
Şekil 4.6. Çalışma alanında kum içeriğinin yersel değişim paterni	41
Şekil 4.7. Kil içeriğinin alansal tahminine ait hata haritası	42
Şekil 4.8. Çalışma alanında organik madde miktarının yersel değişim paterni.....	46
Şekil 4.9. Çalışma alanında toprak pH'sının alansal dağılımı	48
Şekil 4.10. Çalışma alanında toprak reaksiyonunun yersel değişim paterni	50
Şekil 4.11. Çalışma alanında kireç içeriğinin yersel değişim paterni	53
Şekil 4.12. Çalışma alanında elektriksel iletkenlik değerinin yersel değişim paterni.....	56
Şekil 4.13. Çalışma alanında değişebilir Ca^{++} 'a ait yersel değişim paterni	59
Şekil 4.14. Çalışma alanında değişebilir Mg^{++} 'a ait yersel değişim paterni	60
Şekil 4.15. Çalışma alanında değişebilir Na^{+} 'a ait yersel değişim paterni.....	61
Şekil 4.16. Çalışma alanında değişebilir K^{+} 'a ait yersel değişim paterni.....	62
Şekil 4.17. Çalışma alanında değişebilir sodyum yüzdesine (ESP) ait yersel değişim paterni	65
Şekil 4.18. Çalışma alanında sodyum adsorpsiyon oranına (SAR) ait yersel değişim paterni	66

Şekil 4.19. Çalışma alanında katyon değişim kapasitesine (KDK) ait yersel değişim paterni	69
Şekil 4.20. Çalışma alanı topraklarında toplam N miktarına ait yersel değişim paterni.....	72
Şekil 4.21. Çalışma alanında toprakta bitkiye yararışlı fosforun alansal dağılımı	73
Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarında P_{ava} miktarına ait yersel değişim paterni	75
Şekil 4.23. Çalışma alanında toprakta bitkiye yararışlı potasyumun alansal dağılımı	77
Şekil 4.24. Çalışma alanı topraklarında K_{ava} miktarına ait yersel değişim paterni	78



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri için tanımlayıcı istatistikler	25
Çizelge 4.2. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon matrisi	27
Çizelge 4.3. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait yapısal varyansı tanımlayan en uygun semivariogram model ve model parametreleri	31

1. GİRİŞ

Toprak arazide süreklilik gösteren ve mekânsal (yersel) bağımlılığı yüksek olan doğal bir kaynaktır. Mekânsal otokorelasyonu yüksek olan özelliklere ait verilerin analizinde klasik istatistiksel yöntemlerin kullanımı genellikle uygun sonuçlar vermemektedir. Zira mekâna bağlı olarak değişiklik gösteren veriler, klasik istatistiğin en temel varsayımı olan bağımsızlık ilkesine uygunluk göstermemektedir. Bu nedenle, jeostatistiksel yöntemler mekâna bağlı verilerin istatistiksel analizinde kullanılan temel yöntemler olarak öngörülmektedir.

Herhangi bir alanda etkin toprak-bitki yönetim uygulamalarının yapılabilmesi için alana özgü toprak özelliklerinin alansal değişim paternlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Toprak oluşum süreçlerindeki farklılıklar toprağın yapısal özelliklerinde büyük varyasyonlara yol açmaktadır. Ayrıca, toprak yönetim uygulamalarındaki değişkenliklerin toprak özellikleri üzerinde önemli etkileri mevcuttur. Bu nedenle, doğal veya antropojenik faktörler etkisiyle yapısal özellikleri bakımından farklılık gösteren toprakların belli bir alan içerisindeki değişim desenlerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Toprakların üretim potansiyellerinin, agronomik açıdan sınırlayıcı faktörlerinin ve belirli bir kullanım altında gösterebileceği davranışların tahmin edilmesinde toprak özelliklerindeki değişimler temel belirleyicidir.

Bu çalışmada, Derinkale havzası (Urumia-Iran) topraklarının bitkisel üretim açısından önemli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel değişim paternlerinin belirlenerek haritalanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, çalışma alanında grid sistemine göre oluşturulmuş örnekleme modeline göre 80 noktadan yüzey toprak (0-20 cm) örnekleri alınarak değerlendirilmiştir. Araştırma sahasının örneklenen noktaları için ölçülen toprak özellikleri dikkate alınarak yersel değişim paternleri jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmiş ve GIS ortamında haritalanmıştır.

Toprak özellikleri arazide süreklilik gösterirler ve herhangi bir toprak özelliğinin belli bir noktadaki ölçüm değeri, onun söz konusu noktadaki yersel konumunun bir fonksiyonudur (Öztaş 1995). Toprak oluşum süreçleri ve özellikle ana materyale bağlı olarak, toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğinin arazide birkaç metrelik mesafe içerisinde bile değişimi söz konusu olabilir. Değişkenliğin miktarının ve deseninin belirlenmesi ve tanımlanması tarımsal üretim için oldukça önemlidir. Zira toprak özelliklerinin değişkenlik göstermesi, bir arazide aynı tarımsal uygulama sonucunda bitkisel ürünün arazinin değişik yerlerinde farklılaşmasının en temel nedenlerindendir (Robertson and Freckman 1995; Mulla and McBratney 2000; Jiang *et al.* 2006).

Belirli bir alana özgü toprağın herhangi bir özelliğine ait ölçülen değerleri, örnekleme noktaları arasındaki mesafeden bağımsız olarak değerlendirilemezler. Dolayısıyla, incelenen toprak özelliğine ait değerler arasında doğal olarak bulunan yersel değişimin derecesinin (uzaysal veya mekânsal bağımlılığının) belirlenmesi gerekir. Toprak özelliklerine ait yersel bağımlılığın belirlenmesinde jeostatistiksel metotlar yakın bir geçmişten beri başarıyla uygulanmaktadır.

Toprak özelliklerinin jeostatistiksel metodoloji kullanılarak analizinde iki aşama mevcuttur. Birinci aşamada, incelemeye konu olan toprak özelliğinin ölçülen noktaları arasında doğal olarak bulunan yersel bağımlılık derecesi (otokorelasyonu) belirlenir. İkinci aşamada ise ileri bir interpolasyon tekniği olan ve Kriging olarak adlandırılan bir teknikte incelenen özelliğin örneklenmeyen nokta ve alanlardaki değerleri tahmin edilerek dağılım desenleri belirlenir. Mekânsal bağımlılık derecesinin belirlenmesine semivariogram analizi, interpolasyon aşamasında ise Kriging analizi en fazla tercih edilen yöntemlerdir (Öztaş 1995).

Toprak özelliklerinin arazide homojen bir şekilde dağılım göstermemesi arazi çalışmalarının sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir (Van Es and Cassel 1989). Bu nedenle, toprağın mekânsal değişkenliğinin belirlenmesi, toprak özellikleri ve

çevresel faktörler arasında var olan karmaşık ilişkilerin anlaşılması açısından da oldukça önemlidir (Goovaerts 1998).

Belirli bir coğrafik alan içerisinde yer alan topraklardaki farklılıkları teşhis etmek, tanımlamak ve sınırlarını belirlemek toprak etüt ve haritalamanın temel konusudur. Toprak haritaları aynı zamanda toprakların sahip oldukları potansiyele uygun olarak kullanılmalarına da olanak sağlamaktadır. Bu amaçla yapılan toprak etüt ve haritalama çalışmalarında, çalışmanın detay derecesine göre arazide ve bürolarda yapılan işlemler ile toprak haritaları üretilmektedir. Etüt ve haritalama sonucu elde edilen haritalar kullanıcılar açısından son derece önemlidir. Günümüzde tarımsal alanda, amenajmanda, hassas tarımda, üretim modelleme çalışmalarında, çevresel etki modellemelerinde ve coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarında toprak haritalarından yaygın olarak yararlanılmaktadır (Di *et al.* 1989).

Krigleme ve co-krigleme gibi jeostatistiksel metotlar toprak haritalarının oluşturulmasında kullanılan önemli tahmin yöntemleridir. Krigleme yöntemi toprak biliminde mekânsal bağımlılığın mesafeye bağlı değişimlerini sayısallaştırmak için birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Özgöz vd (2007) farklı toprak işleme yöntemlerinin toprağın fiziksel özelliklerine etkilerini, Günal vd (2008) ise renk parametrelerini kullanarak ana materyallerin ayrılmasında jeostatistiksel yöntemleri başarıyla kullanmışlardır.

Jeoistatistiksel yöntemler aynı zamanda toprak verimliliğinin mekânsal değişkenliğini belirlemek ve buna bağlı olarak toprak-bitki yönetim uygulamalarının toprak verimliliği üzerindeki etkinliğini belirleyebilmek için de oldukça yararlı yöntemlerdir. Herhangi bir bitki besin elementinin kantitatif olarak yersel değişkenliğinin belirlenmesi gübre uygulamalarında daha yüksek etkinlik ve çevre güvenliği sağlayabilmektedir. Toprak amenajman planlarının hazırlanmasında toprak özelliklerindeki sınır değerlerin dikkate alınmasına benzer olarak, toprak verimliliği yönetiminde de besin elementleri eşik değerleri (değişim sınırları) dikkate alınabilmektedir (Lark and Ferguson 2004).

Toprak arazide süreklilik gösteren bir değişkendir. Topraklardaki değişkenliğin tanımlanması ve nedenlerinin belirlenebilmesi için uygun örnekleme modellerinin seçilmesi gerekmektedir. Değişkenlik düzeyi ve alanın büyüklüğüne göre örnek sayısı artmaktadır. Büyük alanlarda çok az sayıda bir örnekleme ile doğru bir amenajman ve haritalama üretilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bunun için yoğun bir toprak örneklemesine ihtiyaç duyulabilmektedir. Ancak çok yoğun bir toprak örneklemesi gerektiren tasarımlar ise yüksek iş gücü, donanım ve maliyet nedeniyle tercih edilmemektedir. İdeal örnekleme sistemi en az sayıda örnek ile alandaki heterojenliği doğru bir şekilde belirleyebilen örnekleme yöntemidir (Brady 1990; Hergert *et al.* 1995).

Bu çalışmanın temel amacı; Derinkale havzası (Urimia-Iran) toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerini belirleyerek, toprak verimliliği ve yönetimi açısından kullanılabilir georeferanslı haritalar üretmektir. Bu amaçla, çalışmada aşağıdaki aşamalarla sonuca ulaşılmıştır;

1. Çalışma alanına ait topografik harita üzerinde 500x500 m grid yöntemine göre örnekleme noktaları belirlenmiş,
2. Her bir grid sisteminin merkezinden (toplamda 80 adet) yüzey toprak örneği alınmış,
3. Toprak örnekleri havada kurutulup, 2 mm lik elekten elendikten sonra standart yöntemler kullanılarak fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve ham veri seti oluşturulmuş,
4. Jeostatistiksel analizler yapılarak, her bir incelenen toprak özelliğine ait yersel değişim modeli elde edilmiş,
5. Toprak özelliklerine ait yersel değişim paternleri hem jeostatistik hem de Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak haritalanmış ve
6. Toprak özelliklerine ait yersel değişim haritaları arasındaki ilişkiler irdelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yoğun bir şekilde işlenen tarım arazilerinde toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimlerinin izlenmesi ve bu değişimlerin yüksek derecede karakterize edilmesi toprak araştırmacılarının gelecekteki araştırmalar için analiz ve yorumlamada kullandıkları en etkili yoldur (Günel *et al.* 2008).

Belirli bir alan içerisinde yer alan topraklarda meydana gelen değişkenlik, doğal toprak oluşum süreçleri ve toprak amenajman uygulamalarının farklı yersel ve zamansal konumdaki etkilerinin sonucu olarak meydana gelmektedir (Akbaş 2004). Belirli bir iklim rejimi altında olsa bile, ana materyal, topografya ve biyolojik faktörlerdeki değişkenliğe bağlı olarak farklı toprak tiplerinin oluşması oldukça doğaldır. Topraklardaki bu doğal değişkenlik; jeolojik ve pedolojik süreçlerden kaynaklanmaktadır. Toprak oluşumunda pedojenik süreçler belli iklim ve bitki örtüsü koşullarında ana materyal üzerine biyolojik aktivite, ayrışma reaksiyonları ve toprak profili boyunca su ile ayrışma ürünlerinin taşınması olaylarının bir bileşenidir. Homojen ana materyalin ayrışması sadece çok az sayıda toprak için geçerlidir ve ana materyalin kendisi düzensiz olarak kısa mesafelerde değişkenlik göstermektedir. Ana materyal homojen kayalardan oluşmuş olsa bile, kayalar kimyasal kompozisyon ve mineralojik yapılarında değişkenlik taşımaktadırlar (Goderya 1998). Diğer yandan, toprak yönetim uygulamalarındaki farklılıklarında aynı coğrafik bölge içerisinde yersel ve zamansal konumdaki toprak değişkenliğini önemli ölçüde etkileyebileceği gayet iyi bilinmektedir. İster doğal olay ve süreçler, isterse antropojenik faktörler dahilinde toprak özelliklerinde ortaya çıkması muhtemel değişkenliklerin belirlenmesinde jeostatistiksel yöntemler son 30 yıllık dönemde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Burgess and Webster 1980a; Vieira *et al.* 1981; Mc Bratney and Webster 1983; Trangmar *et al.* 1987; Logsdon and Jaynes 1996; McBratney *et al.* 2000; Emadi *et al.* 2008a). Toprak özelliklerindeki değişkenliğin haritalanması ötesinde özellikle son yıllarda toprak kalitesi ve sağlığının değerlendirilmesi ve kesin tarım uygulamalarında etkinlik sağlanması bakımından da jeostatistiksel yöntemlerin önemi giderek artmaktadır (Burgess and Webster 1980a; Vieira *et al.* 1981; Trangmar *et al.* 1987; McBratney *et al.* 2000; Emadi *et al.* 2008a).

Kuzyakova *et al.* (2001) tarla denemelerinden elde edilen sonuçların toprak özellikleriyle ilişkilendirilmesinde ve modellendirilmesinde jeoistatistiksel yöntemlerin başarılı sonuçlar verdiğini bildirmektedirler.

uzun süre otlatılan meralarda toprak özellikleri ve agronomik parametrelerde ortaya çıkan yersel değişkenliğin belirlenmesinde jeoistatistiksel yöntemler kullanmışlardır.

Sun *et al.* (2003), jeoistatistiksel yöntemler kullanarak Çin'in dağlık subtropikal bir bölgesinde, 112 hektarlık bir alanda 12 yıllık bir periyot içerisinde (1985-1997) toprak kalitesindeki değişim trendini ve toprak özelliklerinin zamansal değişkenliğini incelemiş ve toprak özelliklerindeki en yüksek varyasyonun bitkiye yararlı P, en düşük varyasyonun ise toprak reaksiyonunda meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Assadian *et al.* (1998) Teksas'ta nehir suyuyla sulanan ve Meksiko'da ise atık sularla karışmış nehir suyuyla sulanan iki yonca tarlasında, toprakta ve yoncada Cd, Pb, Ni, Zn, Cr ve Co birikimlerinin yersel değişkenliğini incelemiş, pulluk tabakasının altındaki metal konsantrasyonunun artması, topraktaki Zn ve Ni in tutarsız jeoistatistiksel trend göstermesi ve Pb'nin toprak tekstürüyle ilişkilendirilememesi sonucu sulama sularının, metallerin taşınması için tek bir kaynak olmadığına dikkat çekmişlerdir .

Paz-Gonzalez *et al.* (2000) kuzey batı İspanya'da doğal vejetasyon altındaki ve toprak işlemeli tarım yapılan alanlardaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel dağılım haritalarını hazırlamışlar, toprak organik madde miktarı ve katyon değişim kapasitesinin toprak işlemeli tarım yapılan alanlarda daha yüksek olduğunu ve toprak işlemeli tarım yapılan alanın doğal vejetasyon örtüsü altındaki alana göre incelenen toprak özellikleri bakımından çok daha homojen olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mahinakbarzadch *et al.* (1991) bir toprak harita ünitesi üzerine yerleştirilmiş transektler boyunca toprak özelliklerindeki yersel değişkenliği incelemiş, organik madde içeriğinin diğer toprak özelliklerine nazaran daha az bir değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Toprağın toplam karbon miktarının, arazinin kullanım şekline göre ziyade, topografik durumuna bağlı olarak periyodik bir davranış gösterdiği saptanmıştır .

Xu and Tao (2003), 200, 400 ve 1000 km'lik mesafelerle yüzey toprak örnekleme yaparak toprakta ağır metallerin değişim paternlerini faktöriyel Kriging yöntemine göre belirlemiş, ağır metal içeriğinin toprağın kendi özelliklerinin (özellikle pH) yanı sıra vejetasyon tipi ve ana materyal çeşidi ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Cassel *et al.* (2000), toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki yersel değişkenliğin buğday veriminin alansal değişkenliği üzerine etkisini incelemiştir.

Gang and Jishuang (2000), jeostatistiksel yöntemler yardımıyla toprakta amonyum azotu, potasyum, fosfor, organik madde ve toplam azotun alansal dağılım paternlerini haritalamışlardır.

Buchter *et al.* (1991) 100 m lik 2 transekt boyunca 60 cm aralıklarla yapmış oldukları örnekleme ve ölçümlerde, toprak-nem karakteristik eğrisi, tane büyüklüğü, doymuş hidrolik iletkenlik ve kütle yoğunluğunun alansal bağımlılığını incelemiş, ölçülen parametrelerin 50 metrelik ana döngülerde güçlü bir periyodik davranışa sahip olduklarını belirlemiştir.

Xuwen *et al.* (2001) jeostatistiksel yöntemler yardımıyla bitki rotasyonunun toprak özellikleri üzerindeki etkilerini mukayese etmiş, toprak pH'sının sürekli aynı ürünün ekildiği topraklarda daha düşük, buna karşılık P içeriğinin daha yüksek olduğunu ve münavebeli sistem altında iki derinlik arasındaki pH farklılığının çok daha belirgin olduğunu gözlemlemiştir.

Zhang and McGrath (2004) güneydoğu İrlanda'nın çayır arazilerinden 1964 ve 1996 yıllarında alınan yaklaşık 200 toprak örneğinde toprak organik karbonunun 30 yıllık periyottaki değişim derecesi ve yersel değişkenliğini geleneksel istatistik, jeostatistik ve

coğrafiik bilgi sistemi analizleri kullanılarak değerlendirmiş, organik C açısından toprak kullanımındaki ve toprak işlemedeki değişikliklerin yersel farklılık için yeterli derecede önemli olmadığını iddia etmişlerdir.

Franklin and Mills (2003) topraktaki mikrobiyal toplulukların dağılımını belirlemek amacıyla doğu Virjinya'da bir buğday tarlasında mikrobiyal topluluk yapısının yersel değişkenliğini incelemiş, mekânsal korelasyonun örneklerin büyüklüğüne bağlı olarak 0.3 cm lik mesafelerde görüldüğünü saptamışlardır .

Shuster *et al.* (2001) toprağın 40 cm lik üst tabakasından 10 cm aralıklarla 28 x 24 cm lik gridler oluşturarak aldıkları toprak örneklerinde, solucanlardan kaynaklanan toprak organik karbonundaki yersel değişkenliği incelemişler, toprağın 0-10 cm lik kısmında organik maddenin önemli derecede arttığını (16.1 den 17.9 g C kg⁻¹), 0- 20 cm lik kısmında da 12.4 ten 14.7 g C kg⁻¹ a yükselen bir organik madde artışının olduğunu ve organik maddenin yersel dağılımının diğer alanlarla karşılaştırıldığında daha az uniform olduğunu tespit etmişlerdir .

Stark *et al.* (2004), organik tarım ve geleneksel tarım yönetimi altında bulunan iki alan üzerinde 50 cm çapında üç noktadan 15 cm den örnekler almış ve bunların ayrı ayrı biyotik (mikrobiyal biomass, karbon ve nitrojen, arginine deaminase aktivitesi) ve abiyotik (toplam karbon ve nitrojen) toprak özelliklerini jeostatistiksel olarak incelemişlerdir. Biyotik toprak özelliklerinin örnekleme noktaları arasında önemli derecede farklılıklar gösterdiği ve en yüksek bağımlılık 25-30 cm civarında olduğu belirlenmiştir .

Lark and Ferguson (2004), yüzey toprağındaki yararlanılabilir fosfor miktarının ölçüm yapılmayan nokta ve alanlar için tahmin edilmesinde iki farklı Kriging yöntemi (Gaussian Disjunctive Kriging ve Indicator Kriging) kullanmış, her iki tahmin yönteminin benzer sonuçlar ürettiği ve her iki tekniğin birbiri yerine önerilemeyeceğini rapor etmişlerdir .

Anctil *et al.* (2002) semivariogram modellemesi yardımıyla toprağın ilk 5 cm'lik kısmındaki organik madde miktarını toprağın nem içeriği ölçek modelinden karakterize etmeye çalışmış, ancak toprağın nem içeriğinin organik madde içeriğiyle önemli seviyede bir korelasyon göstermediğini, bununla birlikte mineral topraklar için organik madde miktarı ile nem içeriği arasında 100 m'lik bir mesafede önemli bir korelasyonun olabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Morgan *et al.* (2002) geleneksel ve jeostatistiksel yöntemler yardımıyla, patates ekili tarlalarda ve bunların ürünlerinde bazı nematod popülasyonlarının stabiliteelerini ve yersel dağılımları değerlendirmiş, topraktaki nematod yoğunluğunun tek başına patates verimi, toprak nemi veya toprak pH'sı ile yüksek derecede korelasyon göstermediğini rapor etmişlerdir .

Castrignano *et al.* (2003) pullukla ve diskle toprak işlemenin, toprağın öz direnci üzerine etkisini jeostatistiksel yöntemler kullanarak analiz etmiş ve üç boyutlu interpolasyon haritaları yüzeydeki toprak direncinin rastgele bir varyasyona sahip olduğunu göstermiştir .

Bechini *et al.* (2003) simülasyon modelleri için girdileri daha fazla detaylandırmak şartıyla mekansal olarak değişen toprak bilgilerinin kullanımının mantıklılığını ve bunun hesaplanan sulama suyu ihtiyaçları üzerine etkilerini değerlendirmek için jeostatistiksel yöntemler kullanmış, ürün verimi, gerçek evapotranspirasyon, sulama uygulamaları ve topraktan drene olan su miktarının simülasyon değerlerinin, jeostatistik temelli uygulamalarla benzer sonuçlar verdiğini saptamıştır .

Ardahanlıoğlu *et al.* (2002) Iğdır ovasındaki tuz ve sodyum etkisine maruz kalmış topraklardaki değişebilir sodyum yüzdesi, bor konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik ve pH'nın yersel dağılım paternini haritalamışlardır. İncelenen özelliklere ait Kriging dağılım haritalarının, pH hariç diğer toprak özellikleri için düşey yöndeki (derinlik) dağılım paternlerinin yatay doğrultudaki (alansal) dağılım paternlerinden çok daha yüksek değişkenlikler gösterdiği kaydedilmiştir .

Gimeno-Garcia and Rubio (2004) Akdeniz yöresindeki bir maki yangınının ardından toprak yüzeyindeki sıcaklık dağılımının mekânsal değişimini jeostatistiksel modelleme ile değerlendirmişlerdir. Toprak yüzeyindeki sıcaklık dağılımının küresel ve linear modellerle tanımlanabileceğini belirtmiş, küresel modelin 4-10 m arasında tespit edilen değişim aralığının doğal biomass ve sıcaklık zamanı ile ilişkili olabileceği, linear modelde ise toprak sıcaklığının meteorolojik olaylarla kontrol edildiğinin bir göstergesi olabileceği şeklinde yorumlamışlardır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

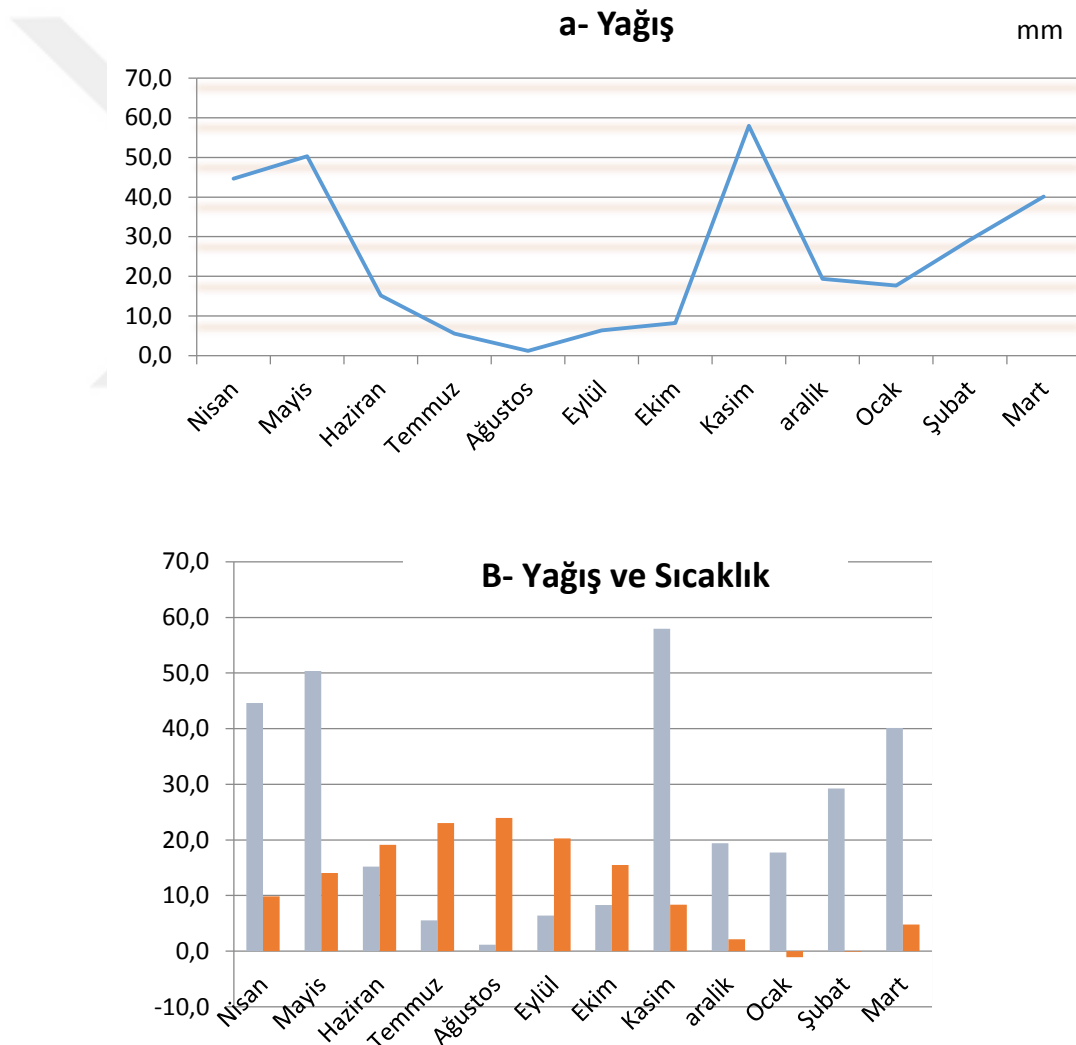
Derinkale ovası Batı Azerbaycan ilinde Urumiye'nin güneyinde Barandozçay bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Kuzeyde Kalecik, doğuda Balanec, güneyde Kokiya ve batıda Topuzabad köyleri ile sınırları bulunmaktadır. Çalışma alanı 17. 969 km², yaklaşık 1800 hektardır. Bu bölge Urumiye gölünün batısında yer alıp, çalışma alanına ait coğrafik koordinatlar 45° 6' 50" ve 45° 11' 40" Doğu boylam ve 37° 22' 20" ve 37° 24' 35" Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Alanın deniz seviyesinden yüksekliği 1300 metredir.



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait Google earth görüntüsü (2015)

3.1.1. Çalışma alanının iklim özellikleri

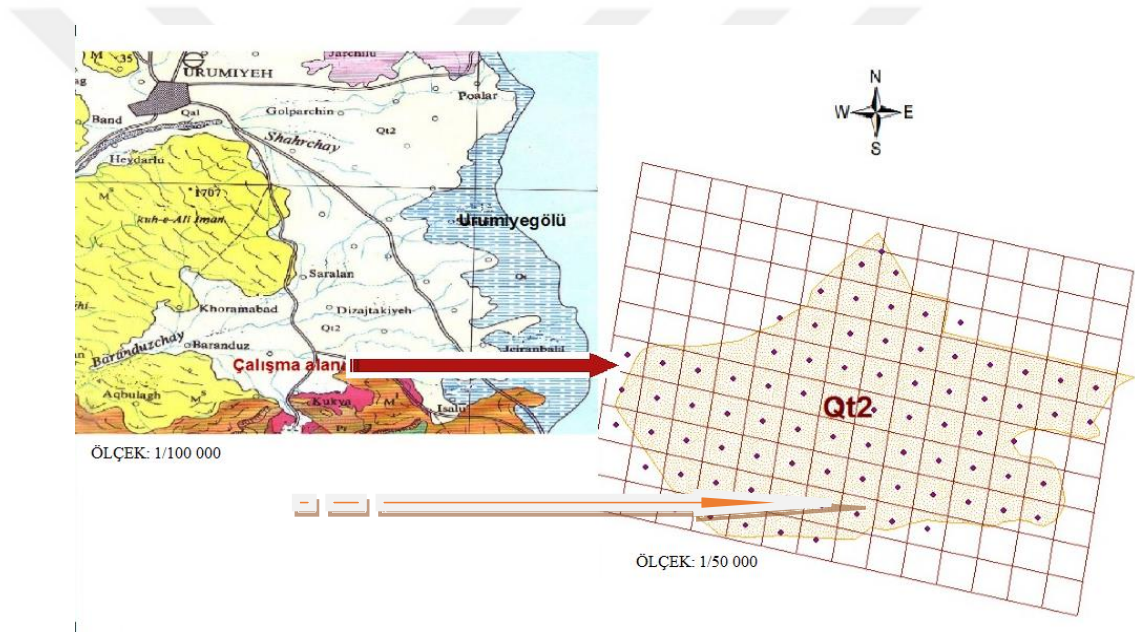
Çalışma alanının yer aldığı bölgede dağ ve soğuk bozkır iklim hüküm sürmektedir. Bölgede kış mevsimi soğuk ve kar yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Ovada yağış ortalaması 360 mm dir. Gece ile gündüz, yaz ile kış ayları arasındaki sıcaklık farkları 40°C ye kadar yükselebilmektedir. Uzun yıllar ortalamalarına göre en soğuk ay -5.4°C ile Ocak en sıcak ay ise 32°C ile Ağustos ayıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma alanının yağış ve sıcaklık ortalamalarının aylara göre dağılımı (1985-2015)

3.1.2. Çalışma alanının jeolojisi

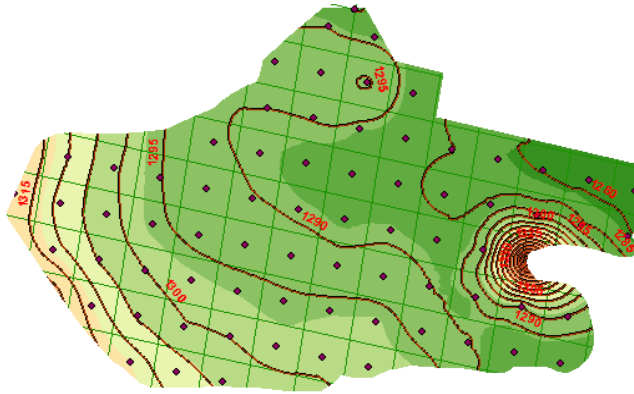
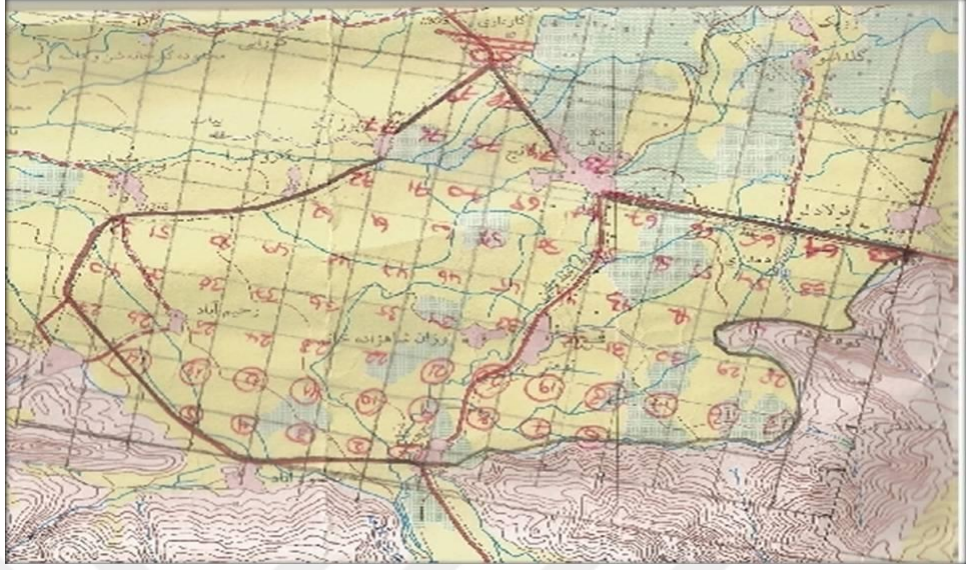
Çalışma alanının toprakları Derinkale deresinin taşıyıp biriktirdiği materyaller üzerinde oluşmuştur. Bu topraklar genellikle genç alüvyal teraslar ve alüvyal fanlardan ibaret olup haritada Qt2 formu ile gösterilmiştir. Çalışma alanının tamamı tarım arazilerinden ibaret olup, sediment katmanları üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanında Qt2 arazisinin bitişiğinde bulunan Qs ile işaretlenmiş araziler Urumiye gölünün yatağında oluşmuş tuzlu arazilere işaret etmektedir (Şekil 3.3).



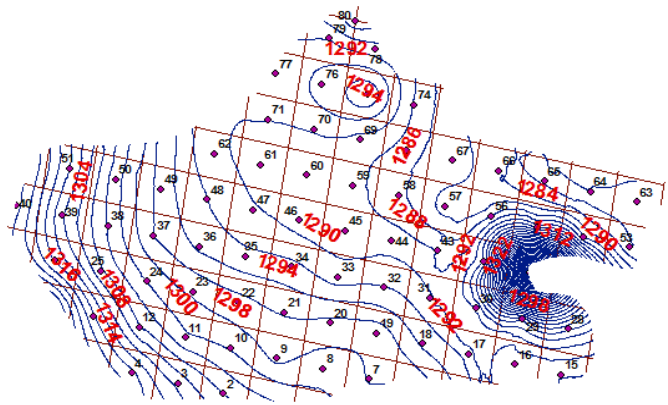
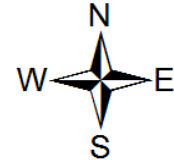
Şekil 3.3. Çalışma alanının jeolojisi

3.1.3. Çalışma alanının topografik özellikleri

Çalışma alanı genel olarak düz ve hafif eğimlidir. Örnekleme alanının büyük bir bölümünü içine alan iç kısımlarda ortalama eğim düz ve düze yakındır (%0-2). Çalışma alanında eğim merkezden batıya ve doğuya doğru artmaktadır. Batı bölümde ortalama eğim %2-5, doğu bölümde ise eğim %20'nin üzerine kadar çıkmaktadır. Eğimin %10'u geçtiği alanlar örnekleme alanı dışında bırakılmıştır (Şekil 3.4).



ÖLÇEK: 1/50 000



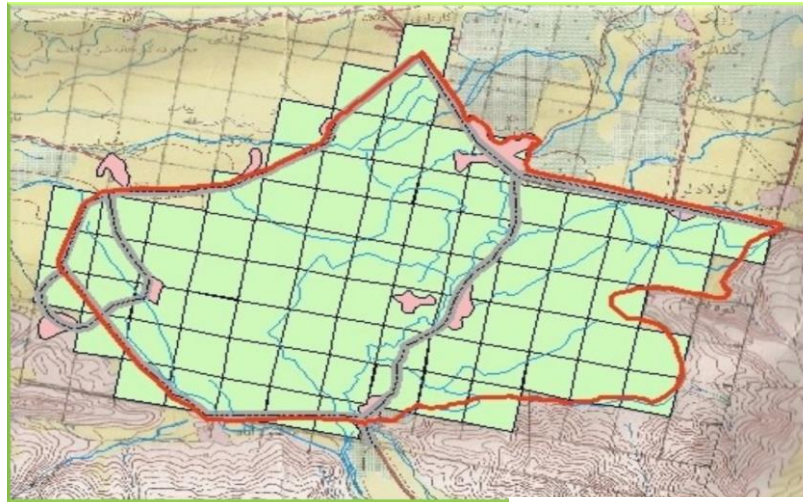
Şekil 3.4. Çalışma alanına ait topografik haritalar

3.1.4. Çalışma alanının genel özellikleri

Derinkale bölgesi Balanıççay ve Baranduzçay ortasında yer almaktadır. Topografik yapıda belirtildiği gibi çalışma alanında eğim merkezden batı ve doğuya doğru artmaktadır. Ortalama eğim bakımından güneyden kuzeye ve batıdan doğuya doğru gidildikçe eğim artmaktadır ve bunun sonucu olarak eğimin üst bölgeleri genellikle taşlıktır. Irmak kıyıları ise alüvyal materyalle kaplı olup taban bataklıklardır. Eğimin düz ve düze yakın olduğu bölgelerde orta, çalışma alanının iç kesimlerinde ise ileri düzeyde toprak profil oluşumu mevcuttur. Üst toprak tabakasının tekstürü arazide genellikle killi-tınlı'dır.

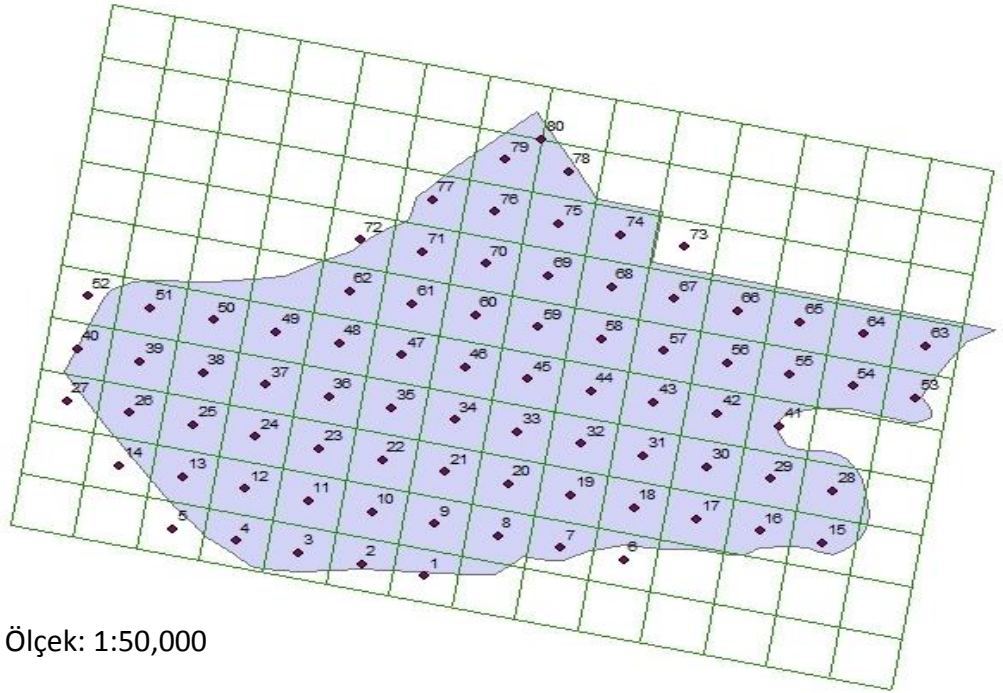
3.1.5. Örnekleme

Çalışma alanı topografik haritası üzerinde 500x500 m grid sistemi yerleştirilerek her bir gridin merkezinden GPS yardımıyla koordinatları belirlenen noktalardan (80 nokta) yaklaşık 5'er kilogramlık yüzey toprak (0-20 cm) örnekleri alınmıştır (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6). Toprak örnekleri bez torbalar içerisinde laboratuara nakledilmiş, havada kurutulup elendikten sonra toprak analizleri için hazır duruma getirilmiştir.



Ölçek: 1:50,000

Şekil 3.5. Çalışma alanı topografik haritası üzerinde oluşturulan grid örnekleme deseni



Şekil 3.6. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin alındığı yerler

3.2. Yöntemler

3.2.1. Jeostatistiksel metodoloji

Jeostatistik yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümünde kullanılan istatistiğin uygulamalı bir dalıdır. Jeostatistiksel yöntemler yardımıyla herhangi bir doğal kaynağın ölçülen noktaları arasındaki yapısal varyans ölçüm noktaları arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak modellenenmektedir (Olea 1982; Öztaş 1995; Başkan 2004).

Jeostatistik analiz için öncelikle verilerin normal dağılım fonksiyonuna uygun olup olmadıkları test edilmektedir. Normal dağılımlı olmayan veriler kullanıldığında kestirimden kaynaklanan hatalar yüksek çıkmaktadır (Dikici 2001). Bu nedenle, verilerin normalize edilmesi için transformasyonların kullanılması gerekmektedir.

3.2.1.a. Semivariogram analizi

Yapısal varyansın modellenmesinde genellikle variogram analizinden yararlanılmaktadır. Variogram herhangi bir değişkenin ölçülen noktaları arasındaki bağımlılığı ölçen ve tanımlayan matematiksel bir fonksiyondur. Diğer bir ifadeyle, variogram analizi, incelenen özelliğin konumsal bağımlılık derecesini, yani ölçüm yapılan noktalar arasındaki mekânsal bağımlılığı belirlemektedir.

Variogram fonksiyonu birbirinden h uzaklığındaki iki konumsal değişken arasındaki farkın varyansı olarak tanımlanmakta ve $2\gamma(h)$ ile ifade edilmektedir. Ancak jeostatistiksel analizlerde genellikle variogram yerine semi-variogram hesaplanmaktadır. Semi-variogram fonksiyonu variogram fonksiyonunun $\frac{1}{2}$ si olarak tanımlanmaktadır (Journel and Huijbregts 1978; Öztaş 1995; Tercan *vd.* 1998).

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

Burada; $\gamma(h)$; h mesafesinin fonksiyonu olarak hesap edilen semi varyans,

h ; iki ölçüm noktası arasındaki mesafe,

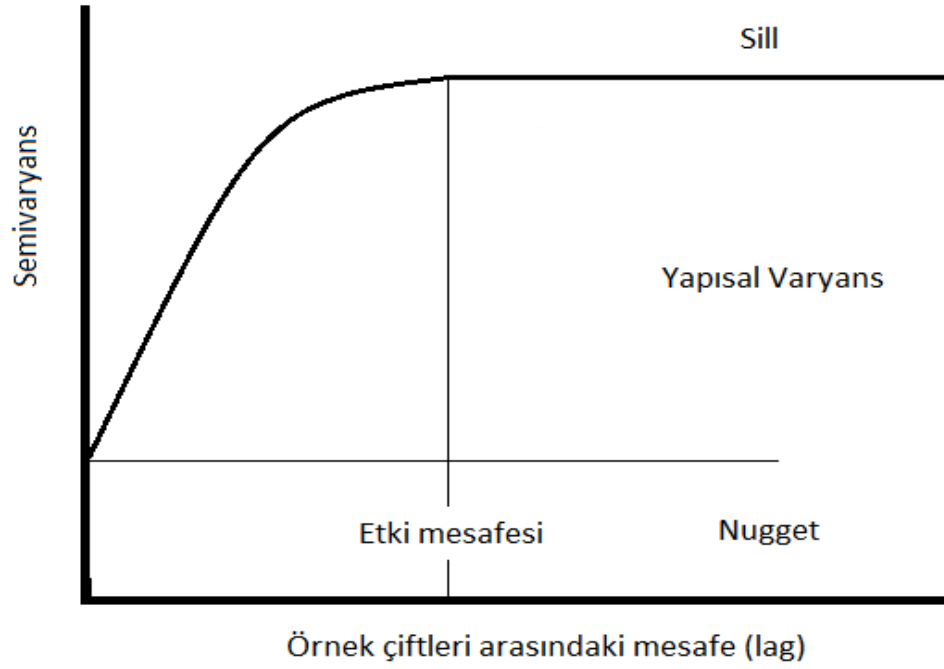
$N(h)$; h mesafesi ile birbirinden ayrılan örnek çiftlerinin sayısı,

$Z(X_i)$ ve $Z(X_{i+h})$; i . noktada ve i den h mesafesi uzaklıktaki nokta için örnek değeri

Semivaryans parametreleri, nugget varyansı (C_0), yapısal (structural) varyans (C), tepe (sill) varyansı ve etki aralığı (a) olarak tanımlanmaktadır. Nugget varyansı, örnekleme aralığında açıklanamayan varyansı göstermektedir. Yani, aynı noktadan alınan iki örnek ölçüm değerinin aynı olması beklenirken, özellikle toprak gibi hem yatay hem de düşey doğrultularda farklılıklar gösteren değişkenler için bir farkın oluşması ve farkın karesinin pozitif bir değer olarak Y ekseninde anlam kazanması sürpriz olmamaktadır. Bu değer, örnekleme hatalarının varyansı ve minimum örnekleme mesafesinden daha kısa mesafedeki yersel varyansı temsil eden külçe atıktır. Açıklanamayan bu varyans örnekleme veya analiz aşamalarındaki hataları temsil etmektedir (Burrough 1991; Mulla

and McBratney 2000). Nugget varyansın toplam varyans içerisindeki payı, mekânsal bağımlılığın bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişkenliklerinin ifade edilmesinde uzaysal bağımlılık yaygın olarak kullanılmaktadır. Yersel bağımlılık değeri, nugget semivaryansın toplam semivaryansa oranının (C_0/C_0+C) yüzde olarak ifadesidir. Eğer yersel bağımlılık değeri $<25\%$ ise değişken kuvvetli yersel bağımlı; 25% ile 75% arasında ise orta derecede yersel bağımlı ve bu oran 75% 'den daha fazla ise değişken zayıf yersel bağımlı olarak sınıflandırılmaktadır (Trangmar *et al.* 1985; Cambardella and Karlen 1999; Brodsky *et al.* 2004; Emadi *et al.* 2008b).

Örnek çiftleri arasındaki mesafenin (lag) bir fonksiyonu olarak, mesafe arttıkça ölçüm değerleri arasındaki benzerlik kaybolacağından farklar artmakta ve varyans mesafeyle birlikte yükselmektedir. Öyle bir kritik mesafe aralığı vardır ki bu noktadan sonra varyans hemen hemen sabit bir değer kazanır yani mesafeden bağımsız bir durum ortaya çıkar. Varyansın hemen hemen stabil olduğu anda belirlenen varyans tepe varyansı ve mesafe (h) ise etki aralığı (a) olarak tanımlanır. Etki aralığından daha büyük bir mesafeyle ayrılan örnek çiftleri artık birbirlerinden bağımsız olarak değer kazanmaktadır. Diğer bir ifadeyle etki aralığından daha kısa mesafelerle ayrılan örnek çiftleri birbirleriyle mekânsal olarak ilişkilidir ve daha benzer ve yakın sonuçlar üretirler ve bağımsız olarak düşünülemezler. Tepe varyansı ile nugget varyans arasındaki varyans değeri ise yapısal varyans olarak adlandırılmaktadır. Tipik bir semivariogram modeli Şekil 3.7'de görülmektedir.

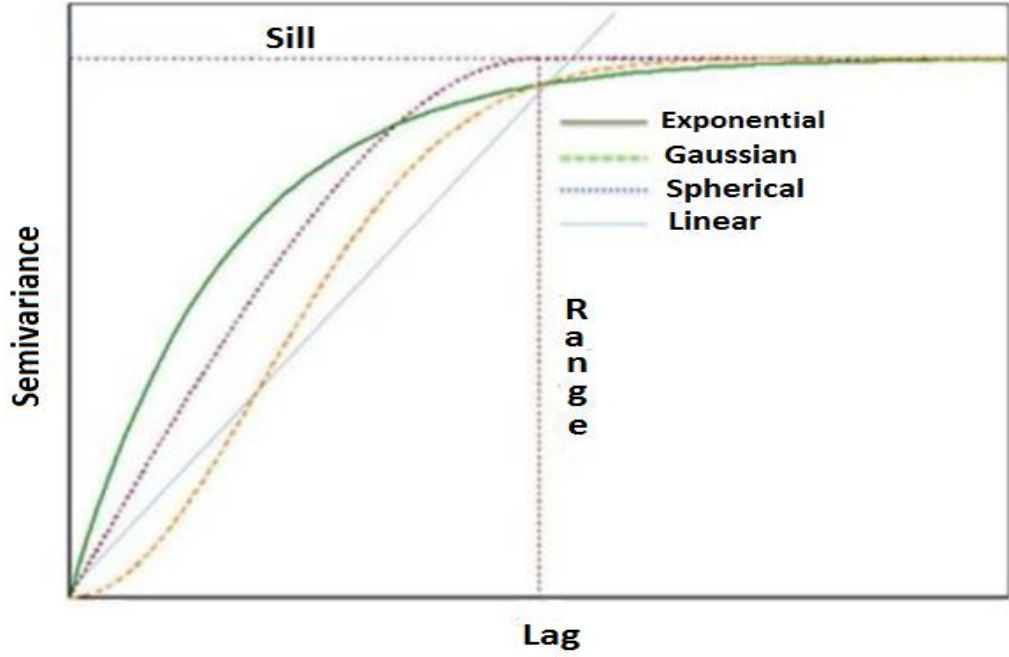


Şekil 3.7. Tipik bir semivariogram modeli ve model parametreleri

Yer bilimleri ile ilgili çalışmalarda genellikle 4 farklı semivariogram modeli (Şekil 3.8) ile karşılaşılmaktadır (Isaaks and Srivastava 1989).

1. Doğrusal (linear) model, $g(h) = c h^\omega$ eğer $0 < \omega < 2$ ise
2. Ekspansiyel (exponential) model, $g(h) = c.(1 - \exp(\frac{-3h}{a}))$
3. Küresel (spherical) model: $g(h) = \begin{cases} c[1.5(\frac{h}{a}) - 0.5(\frac{h}{a})^3] & \text{eğer } h \leq a \\ c h & \text{eğer } h > a \end{cases}$
4. Sigmoid (Gaussian) modeli : $g(h) = c.(1 - \exp(\frac{-3h^2}{a^2}))$

Dört yaygın modele ait yapısal farklılıklar Şekil 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.8. Yaygın olarak kullanılan semivariogram modellerinin karşılaştırılması (Bohling 2005)

3.2.1.b. Kriging analizi

Semivariogram model parametreleri kullanılarak ilgili değişkenin ölçüm yapılmayan nokta ve alanlardaki değerleri interpolasyon yoluyla tahmin edilmektedir. Bu amaçla, ölçüm yapılmayan nokta veya alanlardaki özelliklerin kestirilmesinde Kriging analizi yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztaş 1995; Başkan 2004). Kriging ileri bir interpolasyon yöntemi olup, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir hata terimi belirlemesi nedeniyle de diğer interpolasyon tekniklerinden daha avantajlıdır.

$$Z^* = \sum_i^n Z(x_i)\lambda_i$$

Burada;

Z^* ; ölçüm yapılmayan nokta için üretilen tahmin değeri,

$Z(x_i)$; ölçüm yapılmayan nokta için üretilen tahmin değerinin hesaplanmasında kullanılan komşu noktadaki ölçüm değerleri,

λ_i ; komşu noktalardaki ölçüm değerleri için atanan ağırlık katsayıları

3.2.1.c. Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanını temsili alınan örnekler arasında mesafeye bağlı olarak var olan yapısal varyans semivariogram analizi yardımıyla tanımlanmıştır. Çalışma alanı 1800 hektardır. Çalışma alanına ait semivariogramlar oluşturulurken en iyi modeli seçmek için öncelikle semivariogram değerlerindeki süreklilik izlenmiş daha sonrada modelin uygunluğunu gösteren r^2 ve ölçüm hatalarından biri olan RSS (artık kareler toplamı- Residual Sum of Squares) değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Bu durumda en iyi modeli seçmek için r^2 değerinin “en büyük” (1'e en yakın) ve RSS değerinin ise “en düşük” (0'a en yakın) olması tercih edilmiştir (Yang *et al.* 2011). Yapılan işlemler esnasında deneysel semivaryans değerinin bir tepe varyansına ulaşması ve belirli bir mesafe içerisinde stabil kalmasına dikkat edilmiştir. Semivaryans değerlerinin mesafeye bağlı olarak doğrusal bir artış gösterdiği durumlarda, bu değişimleri içine alacak şekilde aktif lag mesafesi artırılıp azaltılarak en uygun semivariogram modeli seçilmiştir (Akbaş 2004). Yüzey toprak örneklerine ayrı ayrı bu işlemler uygulanmıştır. Bu nedenle her bir toprak değişkeni için 0-20 cm toprak örnekleri için ayrı ayrı modellemeler elde edilmiştir.

Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimlerinin modellenmesinde GS+ paket programı kullanılmıştır. Semivariogram ve çapraz değerlendirme sonucunda elde edilen en uygun parametreler kullanılarak her bir değişken için mesafeye bağlı değişimin haritaları ArcGIS 10 (ESRI 2010) paket programı ile oluşturulmuştur.

Her bir değişken için elde edilen semivariogram modeline ait nugget varyans (C_0), tepe varyansı (C_0+C), nugget varyansın toplam varyansa oranı ($C_0/C+C_0$) modelin uygunluğunu gösteren r^2 ve ölçüm hatalarından biri olan RSS değerleri hesaplanmıştır.

Modelleme ile ilgili elde edilen parametreler ile çapraz değerlendirme sonucunda ölçülen değer ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkiyi gösteren parametreler, incelenen her bir toprak değişkeni için değerlendirilmiştir.

Jeoistatistikte örneği alınmış bir noktadan yola çıkarak örneği alınmamış bir noktanın tahmininde bulunmak için en iyi tahmin yapan modelin belirlenmesi gerekir. Bunun için daha önce elde edilmiş en iyi semivariogram modeli ve bu modelle ait değerler kullanılarak çapraz değerlendirme yapılmıştır. Çapraz değerlendirme tüm değişkenler için yapılmış ve çapraz doğrulamada nokta Kriging yöntemi kullanılmıştır.

3.2.3. Toprak analizleri

Çalışma alanını temsilen alınan toprak örneklerinde; toprak tekstürü, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), kireç (CaCO_3), % azot (N), % organik karbon (OC), değişebilir katyonlar (kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K)), yarıyıllı fosfor (P_{ava}), katyon değişim kapasitesi (KDK), belirlenmiş, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ise hesap yoluyla belirlenmiştir. Tekstür tayini "Bouyoucos Hidrometresi" metoduna göre (Gee and Boudier 1986), toprak pH'sı Neel pH'metresi ile belirlenmiştir (Hendershot *et al.* 1993). Toprak pH'sı için aynı zamanda saturasyon çamuru hazırlanarak hem saturasyon çamurunda hemde çamurlardan alınan süzüklerden pH okumaları yapılmıştır (USSalinityLabStaff and 1954). Elektriksel iletkenlik (EC) pH ölçümü yapıldıktan sonra aynı süspansiyonda dijital EC metre ile ölçülmüştür. Toprakların organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982). Kireç titrasyon yöntemine (Nelson 1982) ve toplam azot (%N) Kjeldahl yöntemine göre, değişebilir katyonlar amonyum asetat yöntemine göre (Thomas 1982) belirlenmiştir. Yarıyıllı Fosfor Olsen yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen *et al.* 1954). Katyon değişim kapasitesi (KDK) 1.0 N amonyum asetat (pH=7.0) yöntemine göre belirlenmişti (Jackson 1958). Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Çalışma alanından alınan farklı noktalardan (0-20 cm) toplam 80 toprak örneğinde yapılan laboratuvar analiz sonuçları kullanılarak toprak özelliklerinin genel durumunu ve değişimini görmek için tanımlayıcı (deskriptif) istatistik analizleri yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikte her bir değişken için aritmetik ortalama, minimum, maksimum, standart sapma, % varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri SPSS EXCEL programlarını kullanarak hesaplanmıştır. Tanımlayıcı istatistikler elde edilirken veri setindeki tüm veriler ekstrem değerler kontrol altına alınmadan yapılmıştır.

İncelenen toprak özellikleri arasındaki karşılıklı ilişkileri belirlemek için korelasyon analizi, yapısal varyansın tanımlanması ve değişim paternlerinin analizinde ise GS₊ ve GIS programları kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Çalışma alanı topraklarının incelenen özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1'de görülmektedir. Toprakların kil içerikleri %10 ile %74 arasında değişmekte olup ortalama %37.8; silt içerikleri %4 ile %56 arasında değişmekte olup ortalama %34.5 ve kum içerikleri %2 ile %64 arasında değişmekte olup ortalama %27.8'dir. İnceleme alanı toprakları genelde "siltli killi tin-SCL" tekstür sınıfına girmektedir.

Çalışma alanı topraklarının organik madde miktarları %1.45 ile %5.88 arasında değişmekte olup ortalama %3.56 ile "yüksek" sınıfına girmektedir. Bunun yanında pH 7.3 ile 8.7 arasında değişmekte ve ortalama olarak (8.1) ile "orta bazik" özellik göstermektedir. Kireç içeriği %5 ile %35.8 arasında değişim göstermekte olup ortalama %19.1 ile "çok kireçli" sınıfına girmektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0.14 ile 2.45 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 0.83 dS m⁻¹ ile "tuzsuz" sınıfına girmektedir.

Toprakların katyon değişim kapasitesi (KDK) 11.5 ile 35.2 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte, değişebilir katyon miktarları ise kalsiyum için; 1 cmol kg⁻¹ ile 10 cmol kg⁻¹, magnezyum için 1.2 cmol kg⁻¹ ile 10 cmol kg⁻¹, sodyum için 0.4 cmol kg⁻¹ ile 12 cmol kg⁻¹ ve potasyum için 0.1 cmol kg⁻¹ ile 1.3 cmol kg⁻¹ arasında değişmektedir. Değişebilir sodyum miktarının KDK içerisindeki nispi yüzdesini ifade eden değişebilir Na yüzdesi (ESP) ortalama %4.3 olmakla birlikte %34'lere kadar çıkabilmektedir. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ise ortalama 0.49 dur.

Toprakların toplam N içerikleri %0.1 ile %3.37 arasında değişmekte olup ortalama %1.38 ile "yüksek" sınıfına girmektedir. Yarayışlı fosfor 0.2 mg kg⁻¹ ile 27.6 mg kg⁻¹ arasında olup ortalama 5.2 mg kg⁻¹ ile "orta" seviyededir. Bitkiye yarayışlı potasyum miktarı ise ortalama 388 mg kg⁻¹ ile "oldukça yüksektir".

Çizelge 4.1. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri için tanımlayıcı istatistikler

Özellik	Min.	Maks.	Ort.	Std	Skewness	Curtosis	CV, %
Kil, %	10.0	74.0	37.8	12.9	0.38	2.96	34
Silt, %	4.0	56.0	34.5	9.6	0.29	3.67	28
Kum, %	2.0	64.0	27.8	14.8	0.13	2.55	53
OM, %	1.45	5.88	3.56	1.11	0.26	1.99	31
pH	7.3	8.7	8.1	0.31	-0.66	-0.19	4
CaCO ₃ , %	5.0	35.8	19.1	7.13	0.39	2.83	37
EC, dS m ⁻¹	0.14	2.45	0.83	0.35	1.99	5.90	42
Ca ⁺⁺ , cmol kg ⁻¹	1.0	10.0	4.5	1.83	0.87	3.79	41
Mg ⁺⁺ , cmol kg ⁻¹	1.2	10.0	3.9	1.74	1.05	4.60	44
Na ⁺ , cmol kg ⁻¹	0.4	12.0	1.0	1.31	7.52	62.74	130
K ⁺ , cmol kg ⁻¹	0.1	1.3	0.2	0.18	3.93	17.64	89
ESP, %	1.5	34.1	4.3	4.25	5.16	33.72	98
SAR	0.17	4.76	0.49	0.52	7.14	58.60	107
KDK, cmol kg ⁻¹	11.5	35.2	23.7	5.39	0.11	2.22	23
Total N (%)	0.01	0.34	0.14	0.08	0.50	2.43	62
P _{ava} , mg kg ⁻¹	0.2	27.6	5.2	6.12	1.64	5.60	118
K _{ava} , mg kg ⁻¹	52	1314	388	225.5	1.15	5.00	58

Çalışma alanında incelenen özelliklere ait ölçüm değerleri arasında en yüksek varyasyon %130 ile değişebilir sodyum, en düşük varyasyon ise %4 ile pH için kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). Bitkiye yararlı P (%118) ve SAR (%107) değerinde %100 üzerinde varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Varyasyon katsayısının %50'nin altında olduğu özellikler arasında toprakların kil içeriği, silt içeriği, organik madde içeriği, kireç içeriği, elektriksel iletkenlik, katyon değişim kapasitesi, değişebilir Ca ve Mg yer almaktadır. Yararlı P'un ölçümlerindeki yüksek varyasyonun arazinin kullanım durumu (amenajmanı) ile ilgili olduğu, SAR ve ESP ölçümlerindeki yüksek varyasyonun ise çalışma alanında değişebilir Na miktarının lokal etkinden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

İncelenen özellikler arasındaki korelasyon matrisi Çizelge 4.2'de verilmektedir. Toprağın tekstürel fraksiyonları arasında önemli korelasyonların olması beklenen bir durumdur. Toprakların kil içeriği arttıkça kum+silt içeriği oransal olarak azalıyor demektir. Bu nedenle kil içeriği ile kum ve silt içeriği arasında negatif ilişkiler mevcuttur. Toprağın organik madde içeriği ile kireç içeriği ($r=0.287^{**}$) ve katyon değişim kapasitesi arasında ($r=0.944^{**}$) önemli pozitif ilişkiler mevcuttur. Toprak reaksiyonu ile kireç içeriği arasında önemli pozitif ($r=0.239^*$) bir ilişki mevcuttur. Kireç içeriğinin artmasına bağlı olarak toprak reaksiyonunun yükselmesi beklenen bir durumdur. Buna karşılık pH ile organik madde arasında %5 seviyesinde önemli olmamakla birlikte negatif bir ilişki mevcuttur.

Toprağın elektriksel iletkenliği ile değişebilir katyonlar arasında yakın ilişkiler mevcuttur. Elektriksel iletkenlik değerinin değişebilir Ca ($r=0.579^{**}$), Mg ($r=0.367^{**}$) ve K ($r=0.394^{**}$) ile önemli pozitif ilişkiler verdiği görülmektedir. Elektriksel iletkenlik değeri ile değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ($r=0.672^{**}$) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ($r=0.594^{**}$) arasında da önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Bu ilişkiler doğrudan toprağın tuz konsantrasyonu ile ilgili bir durumdur. ESP ile sodyum adsorpsiyon oranı ($r=0.915^{**}$) arasında da beklenildiği gibi çok önemli pozitif ilişkiler kaydedilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon matrisi

	Kil	Silt	Kum	OM	pH	Kireç	EC	Değişebilir katyonlar				ESP	SAR	KDK	Toplam N	P _{ava}
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺					
Silt	-0.141	-														
Kum	-0.771**	-0.521**	-													
OM	0.161	0.032	-0.118	-												
pH	-0.439**	0.072	0.332**	-0.083	-											
Kireç	0.179	0.211	-0.290**	0.287**	0.239*	-										
EC	-0.204	-0.026	0.193	0.125	0.246*	-0.080	-									
Ca ⁺⁺	-0.050	-0.032	0.064	-0.013	0.287**	-0.155	0.579**	-								
Mg ⁺⁺	-0.049	0.010	0.036	0.036	0.110	0.151	0.367**	-0.012	-							
Na ⁺	-0.225*	-0.021	0.208	0.197	0.149	0.078	-0.010	-0.003	0.412**	-						
K ⁺	-0.180	-0.088	0.212	0.271*	0.066	-0.191	0.394**	0.174	0.011	0.260*	-					

Çizelge 4.2. (devam)

	Kil	Silt	Kum	OM	pH	Kireç	EC	Değişebilir katyonlar				ESP	SAR	KDK	Toplam N	P _{ava}
								Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺					
ESP	-0.146	0.056	0.090	-0.062	0.195	0.012	0.672**	0.061	0.399**	0.926**	0.187	-				
SAR	-0.216	-0.008	0.192	0.205	0.117	0.084	0.594**	-0.097	0.340**	0.989**	0.280	0.915**				
KDK	-0.180	-0.262*	0.324**	0.944**	-0.188	0.211	0.114	-0.038	0.020	0.196	0.291**	-0.083	0.203	-		
Toplam N	-0.046	0.103	-0.027	0.164	-0.011	0.115	-0.010	-0.015	0.062	-0.040	-0.169	0.002	0.915**	0.128	-	
P _{ava}	-0.001	0.128	-0.081	0.119	0.072	-0.031	0.145	0.140	-0.116	-0.040	0.267*	-0.022	-0.042	0.060	0.094	-
K _{ava}	0.095	-0.061	-0.042	0.024	-0.022	-0.202	0.110	0.106	-0.138	0.115	0.231*	0.079	0.131	0.031	-0.077	0.030

4.2. Yersel Değişim Modelleri ve Dağılım Haritaları

Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait yapısal varyansı tanımlayan en uygun semivariogram modelleri isotropik/anisotropik değişime göre 5 farklı (lineer, lineer+sill, küresel, eksponansiyel ve Gaussion) model arasından seçilerek tanımlanmış ve model parametreleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Model seçiminde minimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki etki aralığının maksimum varyasyonun meydana geldiği yöndeki (minimum varyasyon yönüne 90° dik) etki aralığına oranı dikkate alınarak yersel değişkenliğin isotropik veya anisotropik olup-olmadığına karar verilmiştir. Eğer söz konusu oran 1.4’ den daha düşük ise değişimin isotropik, 1.4’ den daha büyük olduğu durumda ise anisotropik olduğu varsayılmıştır. Buna göre çalışma alanında incelenen özelliklerin tamamında değişebilir Na’ daki lokal etki dışında değişimin isotropik olduğu tespit edilmiştir.

En iyi semivariogram model seçiminde 2 temel kriter dikkate alınmıştır. İsootropik semivariogram modelleri arasında ilgili özellik için en yüksek regresyon katsayısına (r^2) veya en düşük artıklar kareler toplamına (RSS) sahip olan model en uygun model olarak seçilmiştir. İncelenen özellik için lineer, lineer+sill veya Gaussion modellerine ait r^2 değeri ve RSS ler eğer küresel veya eksponansiyel modellerden herhangi birine çok yakın ise bu durumda küresel veya eksponansiyel modelden birisi tercih edilmiştir. Burada amaç sill varyansı sınırlı bir model kullanmaktır. Dolayısıyla incelenen özellikler isotropik küresel veya isotropik eksponansiyel olmak üzere genelde iki model ile tanımlanmıştır. İncelenen toprak özellikleri arasında kil içeriği, değişebilir Ca^{++} , Na^+ ve K^+ , ESP, SAR ve P_{ava} küresel, silt içeriği, kum içeriği, OM, pH, $CaCO_3$, EC, değişebilir Mg^{++} , KDK, toplam N ve K_{ava} ise eksponansiyel modellerle karakterize edilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde etki aralığının yani örnek çiftlerinin birbirleri ile ilişkili sonuç verebilecekleri maksimum mesafenin en yüksek olduğu toprak özellikleri pH ve K_{ava} , en

düşük olduğu toprak özellikleri P_{ava} , toplam N ve $CaCO_3$ 'dir. Etki aralıkları 1504 m ile 21100 m arasında değişmektedir (Çizelge 4.3).

Yapısal varyansın toplam varyans içerisindeki payını ifade eden $[1 - C_0/C_0+C]$ oransal değeri incelenen toprak özelliklerinin tamamında %50'nin üzerindedir (Çizelge 4.3).



Çizelge 4.3. Çalışma alanı topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait yapısal varyansı tanımlayan en uygun semivariogram model ve model parametreleri

Özellik	Model	Nugget varyansı (C ₀)	Tepe varyansı (C ₀ +C)	Etki aralığı (m)	C ₀ /C ₀ +C	RSS	r ²
Kil	Küresel	129.2	283.3	7110	0.45	193	0.932
Silt	Ekspansiyel	77.1	154.2	7110	0.50	150	0.288
Kum	Ekspansiyel	178.8	372.9	6429	0.48	77	0.952
OM	Ekspansiyel	1.03	2.07	7100	0.50	0.0255	0.537
pH	Ekspansiyel	0.086	0.172	21100	0.50	5.0x10 ⁻⁴	0.429
CaCO ₃	Ekspansiyel	37.1	78.4	4639	0.47	10.9	0.913
EC	Ekspansiyel	0.112	0.226	7110	0.49	2.44x10 ⁻⁴	0.466
Ca ⁺⁺	Küresel	2.59	6.71	19540	0.38	0.759	0.685
Mg ⁺⁺	Ekspansiyel	1.11	3.29	6400	0.33	0.032	0.962
Na ⁺	Küresel	1.18	3.80	6537	0.31	0.0391	0.955
K ⁺	Küresel	0.028	0.074	13670	0.38	2.42x10 ⁻⁴	0.620
ESP	Küresel	14.2	34.6	6437	0.41	5.17	0.912

Çizelge 4.3. (devam)

Özellik	Model	Nugget varyans (C ₀)	Tepe varyansı (C ₀ +C)	Etki aralığı (m)	C ₀ /C ₀ +C	RSS	r ²
SAR	Küresel	0.17	0.39	6570	0.44	7.52x10 ⁻⁴	0.967
KDK	Ekspansiyel	24.9	48.9	7110	0.50	25.6	0.390
Toplam N	Ekspansiyel	0.001	0.778	4470	0.001	92.18x10 ⁻³	0.868
P _{ava}	Küresel	28.1	68.2	1504	0.41	104	0.707
K _{ava}	Ekspansiyel	45.5	91.0	21100	0.50	4.89x10 ⁷	0.528

4.2.1. Tekstür

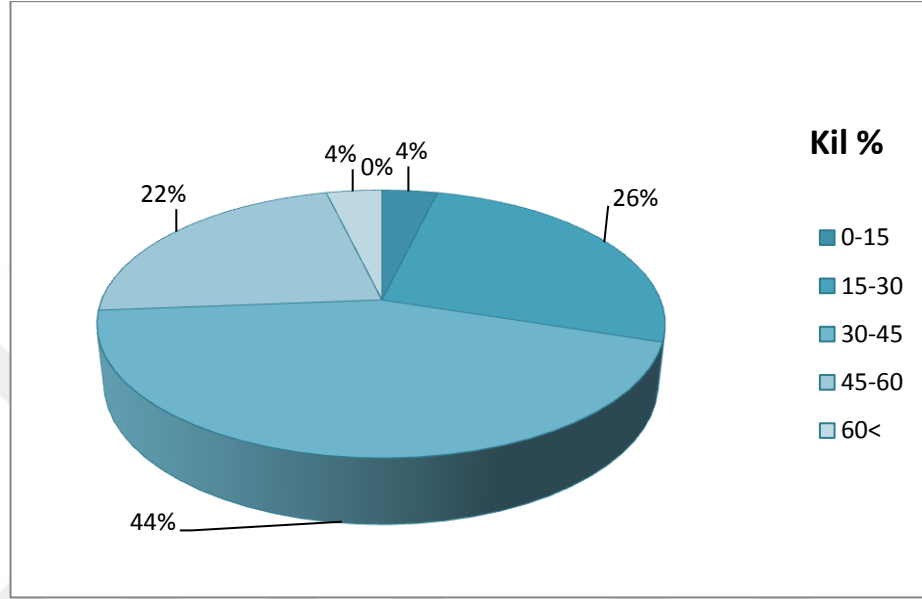
Toprağı etkin kullanabilmek ve amenajmanını doğru yapabilmek için ihtiyaç duyulan en temel toprak özelliği hiç şüphesi toprak tekstürü ve özellikle de toprağın kil içeriğidir. Yüzeysel toprağının tekstürü, toprağın su tutma kapasitesini, hidrolik iletkenliğini ve kation değişim kapasitesini belirleyici olması nedeniyle de toprağın verimliliğini ve dolayısıyla da toprak üretkenliğini önemli derecede etkilemektedir. Toprağın kil içeriğinin yüksek olması su ve havanın topraktaki hareketini yavaşlatmakta, derine drenajını engellemekte ve potansiyel olarak suyun profil içerisinde hapsolmesine neden olmaktadır (Triantafylis and Lesch 2005).

Kum ve kil toprağın mineral olan kısmının iki önemli bileşenidir ve toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri birbirlerinin hemen hemen tersidir. Kum parçacıkları yapı itibari ile küresel bir yapıya sahip iken killer tabakalı bir yapıya sahiptir ve kil içeriği yüksek olan toprakların toplam yüzey alanı kumlu topraklara göre çok daha fazladır. Toplam yüzey alanının farklı olması yanı sıra içerdikleri negatif yük miktarlarındaki farklılık fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birbirlerinden çok farklı olmasına neden olmaktadır. Genellikle kum büyüklüğündeki parçacıklardan oluşan bir toprakta geniş boşlukların fazla olmasından dolayı su toprakta tutunmamakta ve hızlı bir şekilde toprak profilinin alt katmanlarına doğru drene olmaktadır. Kumlu topraklarda hidrolik iletkenlik oldukça yüksektir. Bu nedenle kimyasal gübreleme, pestisit ve herbisit kullanımı gibi tarımsal faaliyetler sonucunda su ile taşınması kolay olan kimyasal maddeler kolaylıkla aküfere kadar taşınmakta ve insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Bununla beraber kurak bölgelerde kumlu topraklarda bitkilerin ihtiyaç duyduğu su ve bitki besin elementleri depolanmadığından kaba bünyeli toprakların alansal dağılımlarının belirlenmesi tarımsal amaçlı planlamalar için oldukça önemlidir.

4.2.1.a. Kil içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının kil içerikleri %10 ile %74 arasında değişmekte olup ortalama %38'dir. Alanın %44'lük bir kesiminde kil içeriği %30-45 arasında

değişmektedir. Ağır toprakların (%60 ve daha fazla kil içeren) toplam alan içerisindeki payı %4 ve hafif toprakların (%30 ve daha az kil içeren) toplam alan içerisindeki payı ise %30'dur (Şekil 4.1).



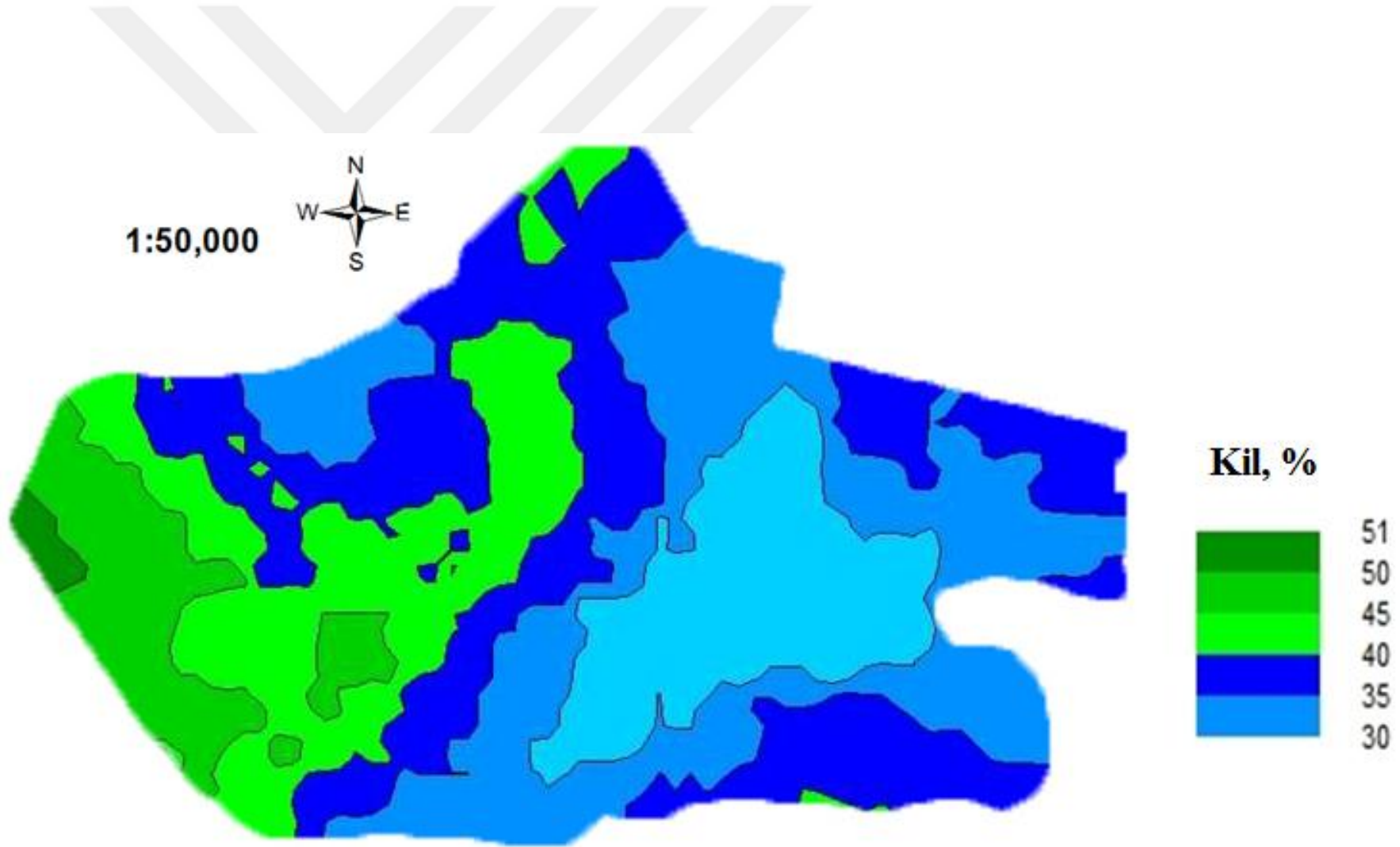
Şekil 4.1. Çalışma alanı topraklarının kil içeriklerinin alansal dağılımı

Çalışma alanında 0-20 derinliğinden alınan toprak örneklerinin kil içeriklerine ait semivariogram model ve model parametreleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. En uygun modelin isotropik küresel model olduğu, kil içeriğindeki yapısal varyansın kuvvetli bir mekânsal bağımlılık gösterdiği ve etki aralığının (range) 7000 m den daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum çalışma alanında kil içeriği için uzun mesafelerde bir yersel bağımlılığın mevcut olduğuna işaret etmektedir. Kil içeriğinin maksimum lag değerinden daha büyük olması aynı zamanda ana materyalin arazideki homojenitesinin bir işareti olarak algılanabilir. Diğer bir ifade ile kil içerikleri için yüksek etki aralığının elde edilmesi, söz konusu mesafe içerisinde kil içeriği bakımından örneklerin birbirinden ilişkisiz düşünülmesinin mümkün olmadığına işaret etmektedir.

En uygun semivariogram modeli ve bu modele ait parametreler kullanılarak hem noktasal (punctual) hem de alansal Kriging (block) yöntemleriyle elde edilen dağılım

haritası, çalışma alanının özellikle batı kesiminde kil içeriğinde önemli düzeyde bir artışın meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 4.2). Çalışma alanının batı kesiminde anakayaya dayanan yapısal oluşum, doğuya doğru ovanın serpilmesi ve akarsuların sediment birikimleri bu değişimin ana nedenidir. Değişim hatlarının akarsu taşınım yönünde oldukça belirgin olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

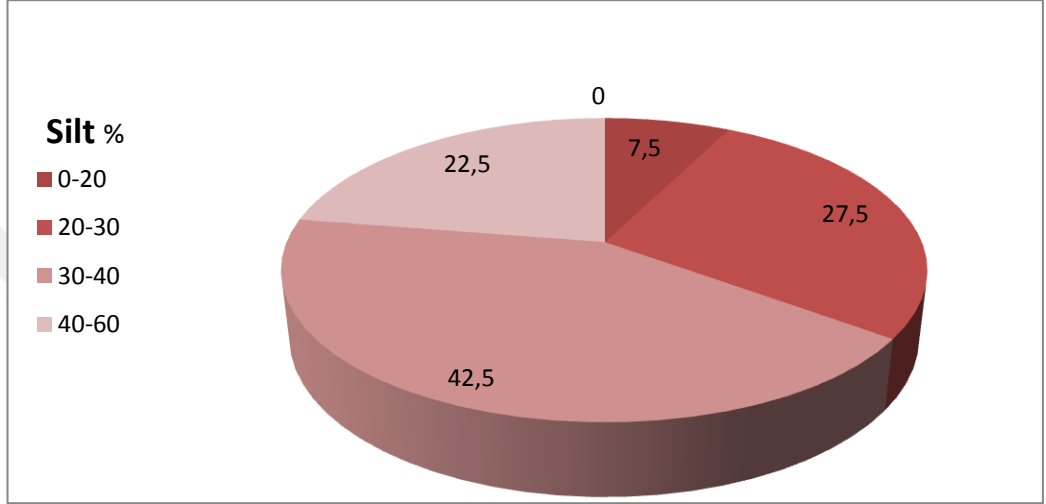




Şekil 4.2. Çalışma alanında kil içeriğinin yersel değişim paterni

4.2.1.b. Silt içeriğinin mesafeye bağı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

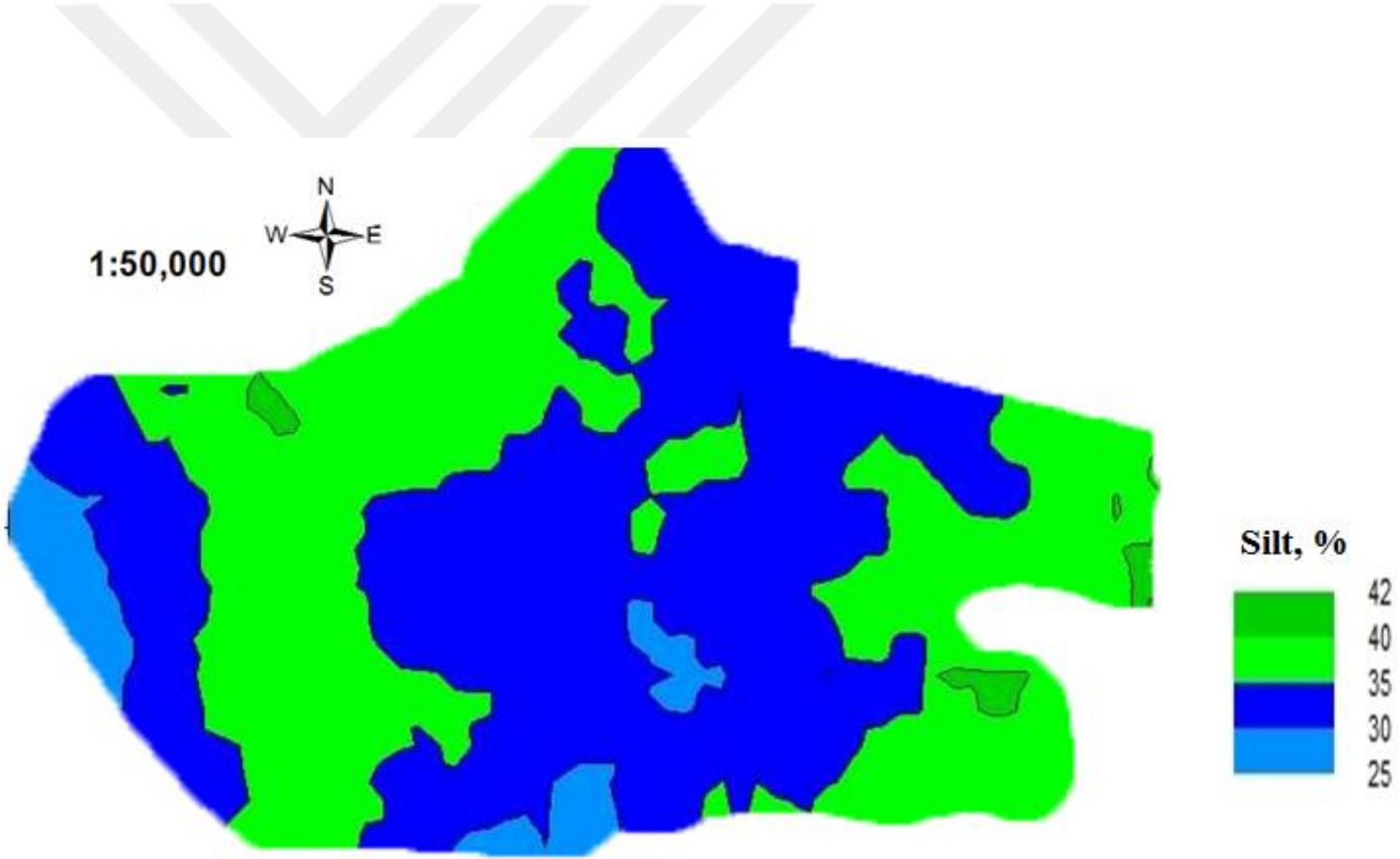
Çalışma alanı topraklarının silt içerikleri %4 ile %56 arasında değişmekte olup ortalama %35'dir. Alanın %65'lik bir kesiminde silt içeriği %30 dan daha yüksektir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Çalışma alanı topraklarının silt içeriklerinin alansal dağılımı

Çalışma alanı topraklarının silt içeriklerine isotropik eksponansiyel semivariogram modeli ile karakterize edilmiştir (Çizelge 4.3). Silt içeriğindeki yapısal varyansın kil içeriğine nazaran daha zayıf bir mekânsal bağımlılık gösterdiği ancak etki aralığının kil içeriği ile aynı olduğu görülmektedir.

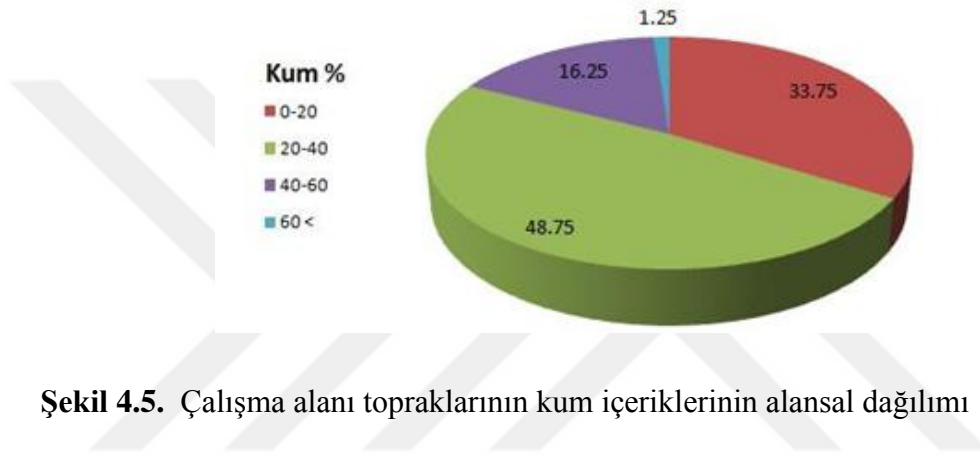
Çalışma alanı içerisinde silt miktarının alansal dağılım haritası Şekil 4.4'de görülmektedir. Özellikle çalışma alanının batı kesiminde kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda silt içeriğinin %30'un altına düştüğü ve silt içeriğinin en yüksek olduğu alanların ise çalışma alanının doğusu ve kuzey batısında yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.4. Çalışma alanında silt içeriğinin yersel değişim paterni

4.2.1.c. Kum içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin haritalanması

Çalışma alanı topraklarının kum içerikleri %2 ile %64 arasında değişmekte olup ortalama %28'dir. Alanın yaklaşık %50 sinde kum içeriği %20-40 arasında değişmektedir. Kum içeriğinin %40'dan daha fazla olduğu alanın toplam alan içerisindeki payı ise %17.5'dir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çalışma alanı topraklarının kum içeriklerinin alansal dağılımı

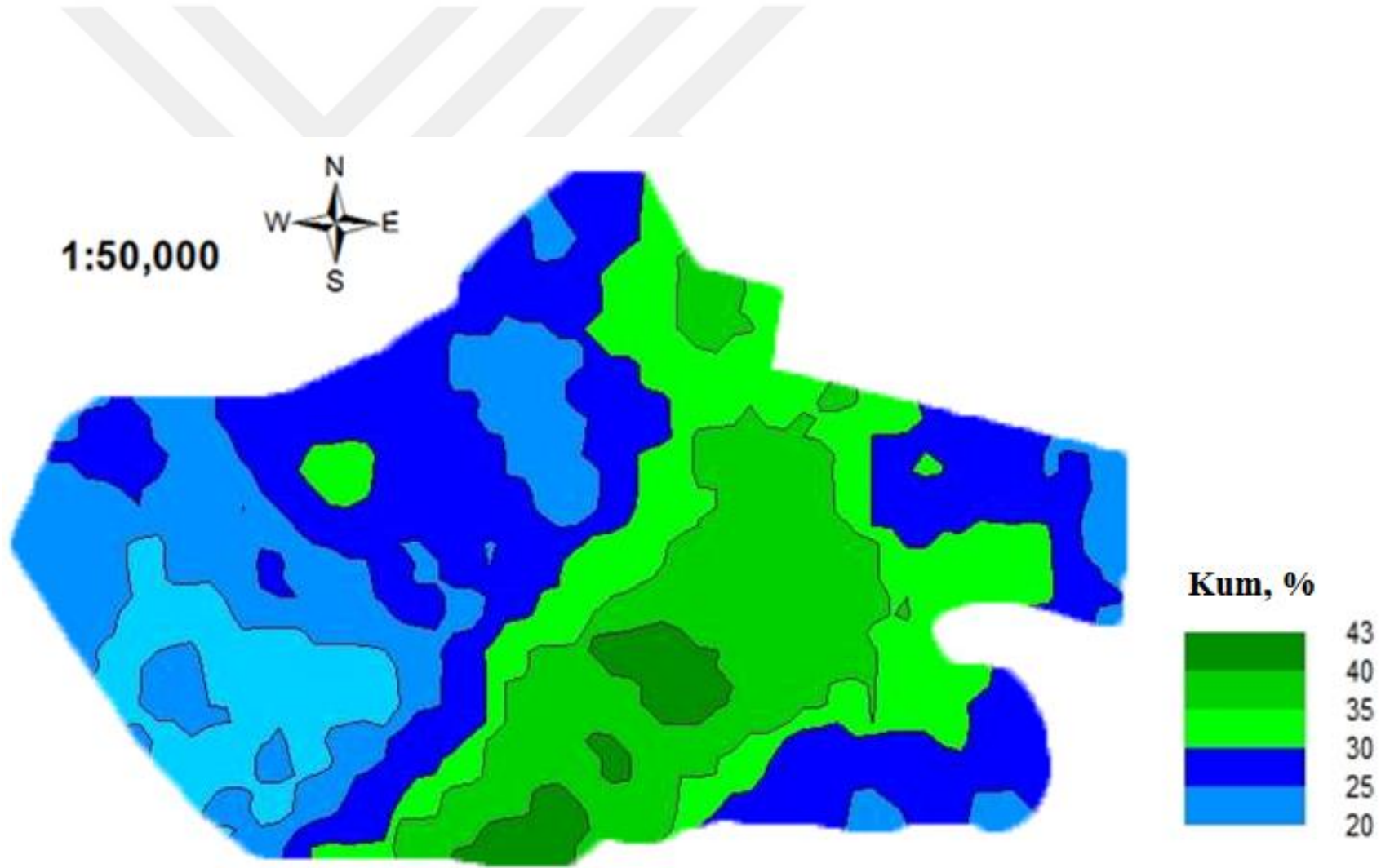
Çalışma alanı topraklarının kum içeriklerine ait yapısal varyansın tanımlanmasında silt içeriğinde olduğu gibi isotropik eksponansiyel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Kum içeriğindeki yapısal varyansın kil içeriğine göre daha zayıf ancak silt içeriğine göre nispeten daha yüksek bir mekânsal bağımlılık gösterdiği ve etki aralığının kil ve silt içeriğindeki nazaran biraz daha düşük (6400 m) olduğu görülmektedir.

Çalışma alanı topraklarının kum içeriğine ait dağılım haritası incelendiğinde kum içeriğinin çalışma alanının orta kuzey-güney bandında en yüksek değerlere ulaştığı ve söz konusu bölgede hem kil hem de silt içeriğinin en düşük değerlerde kaldığı görülmektedir (Şekil 4.6).

Toprak tekstürel fraksiyonlarına ait dağılım haritalarının birbiriyle oldukça uyum içerisinde oldukları ve ana materyaldeki benzerliğe bağlı olarak yüksek bir varyasyon göstermedikleri söylenebilir. Her üç fraksiyona ait range değerlerinin yaklaşık 7000 m

civarında olması ve yapısal varyansın toplam varyans içerisindeki nispi payının %50'ye yakın ancak altında gerçekleşmesi alanın toprak idaresi bakımından nispeten homojen alt birimlere ayrılarak başarılı bir şekilde yönetilebilirliğinin bir göstergesi olarak algılanabilir.

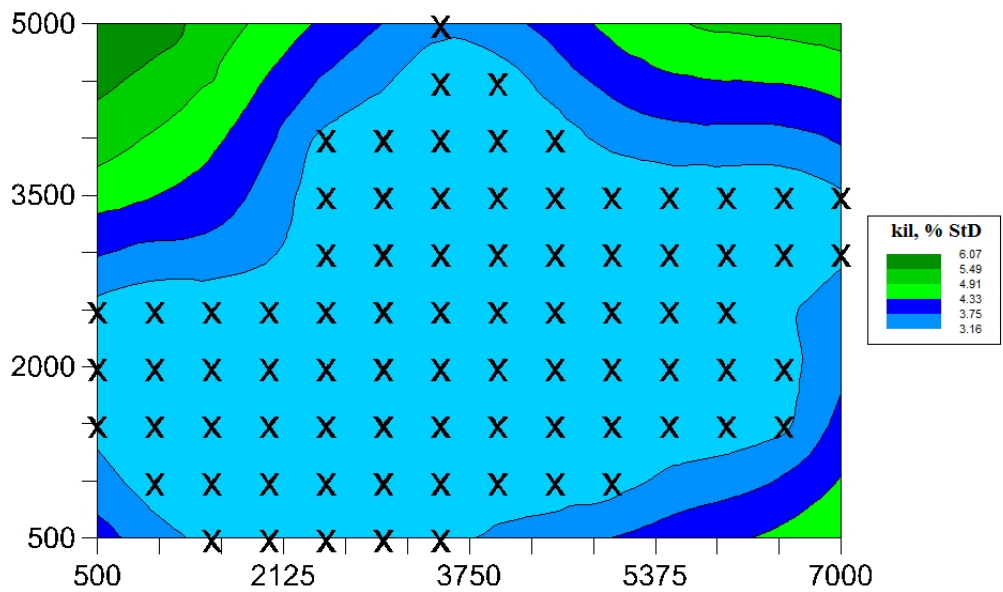




Şekil 4.6. Çalışma alanında kum içeriğinin yersel değişim paterni

Ana materyal kaynaklı varyasyonun yüksek olduğu bölgelerde yapılan çalışmalarda tekstürel fraksiyonlardaki range değeri oldukça kısa mesafelerde rapor edilebilmektedir. Iqbal *et al.* (2005) 162 ha'lık bir arazide yaptıkları çalışmada kum içeriği için 421 m'de range değeri elde ettiklerini ve bunun çalışma alanında farklı sedimentlerden oluşan bir ana materyalin varlığından kaynaklandığını bildirmektedirler.

Çalışma alanı topraklarının kil, silt ve kum içerikleri için yapılan alansal tahminlerin güvenilirliği, diğer incelenen tüm özelliklerde olduğu gibi hem hata haritaları üretilerek hem de tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerle 1:1 ilişki grafiğindeki değerlendirmeleri (cross validation) yoluyla ortaya konulmuştur. Üretilen hata haritalarında herhangi bir nokta veya alt hücre için elde edilen standart sapma değeri, ilgili özellik için ölçülen değerleri arasında belirlenen standart sapma değerinden daha düşük çıkmış ise o nokta veya alan için yapılan tahminin güvenilir olduğuna karar verilmiştir. Şekil 4.7'de kil içeriği için üretilen hata haritası örnek olarak görülmektedir. Toprakların kil içeriği için ölçülen değerler arasında belirlenen standart sapmanın 12.9 olduğu (Çizelge 4.1) dikkate alındığında çalışma alanının tamamında kil içeriğinin güvenilir bir şekilde tahmin edilebildiği ve özellikle temsili örneklerin alındığı bölgede yapılan tahminlerin oldukça güvenilir olduğu açık olarak söylenebilir.



Şekil 4.7. Kil içeriğinin alansal tahminine ait hata haritası

4.2.2. Organik madde

Toprakta organik maddenin en önemli kaynağı, hayvan ve bitki kalıntılarıdır. Toprak organik maddesi, toprakta farklı düzeylerde ayrılmış bitki ve hayvan artıkları, toprakta yaşayan organizmalara ait hücre ve dokular ile toprak canlıları tarafından sentezlenen maddelerin bütünüdür. Organik madde doğrudan veya dolaylı olarak toprağın fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinin tamamı üzerinde etkilidir. Toprağın strüktürel gelişimi, toprakta su ve havanın hareketi ve depolanması, toprak verimliliği, makro ve mikro fauna toprakta organik maddenin varlığı ile doğrudan ilişkilidir. Toprakta iyi bir strüktür oluşumu, agregatların stabil hale gelmesi, toprağın su tutma kapasitesi ve havalanması gibi fiziksel özellikler toprak organik maddesiyle doğrudan ilişkilidir (Dexter *et al.* 2008). Organik maddenin toprakta negatif yük kaynağı olması nedeniyle katyon değişim kapasitesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Tan and Dowling 1984). Topraktaki organik maddenin bazı yararları aşağıda sıralanmaktadır.

- Organik madde gübre kullanılmayan topraklarda bitkinin ihtiyacı olan azotun %90 - 95'ini tedarik eder (Srinivasarao *et al.* 2014)
- Organik madde bitkinin ihtiyaç duyduğu fosfor ve kükürdün temel kaynağıdır
- Organik madde genellikle toprağın katyon değişim kapasitesinin %30-70'e kadar bir diliminde etkilidir (Oudraogo *et al.* 2007).
- Organik madde, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metalleri atık sulardan absorbe ederek toksik etkisini azaltır ve çevreyi temizler (Namr and Mrabet. 2004) .
- Organik madde toprak agregasyonunun mimarıdır.
- Organik madde toprakta bitkiye elverişli su miktarını artırır, killi toprakların havalanmasına yardım eder ve sıkışmalarını azaltır (Quiroga *et al.* 2006)
- Organik madde yüzeyde malç görevi görerek su ve toprak kayıplarını önler (Lupwayi 2014).
- Organik madde toprağın tamponlama kapasitesini artırır (Namr and Mrabet. 2004)
- Organik maddeler mikro elementlerin kullanılabilirliğini ve mobilitesini artırır (Masto *et al.* 2007)

- Organik madde, toprakta nem kaybını önler ve toprak sıcaklığını dengeler (Lupwayi 2014).
- Organik madde gerekli ve çok yararlı toprak mikroorganizmalarının ihtiyacı olan karbonu sağlar.(Fernndez-Ugalde 2009)

Bugün dünyadaki tarım arazilerinin en az %10'unda doğrudan doğruya organik madde noksanlığından kaynaklanan toprak verimliliği sorunu görülmektedir (Abdullah 2014; Srinivasarao *et al.* 2014) .

Toprağın bitkisel üretim potansiyeli ile toprağın organik madde miktarı arasında mutlak bir ilişki vardır. Toprakta organik karbonun oranının %1 artışıyla, üretimde yılda 30-50 milyon tona kadar bir artışın olabileceği öngörülmektedir (Masto *et al.* 2007; He *et al.* 2014).

Mevcut verilere göre İran tarım topraklarının organik karbon miktarının %1'den daha az olduğu oysa toprakta arzu edilen organik karbon miktarının sürdürülebilir üretim için %2-3 olması gerektiğine dikkat çekilmektedir (Namr and Mrabet 2004).

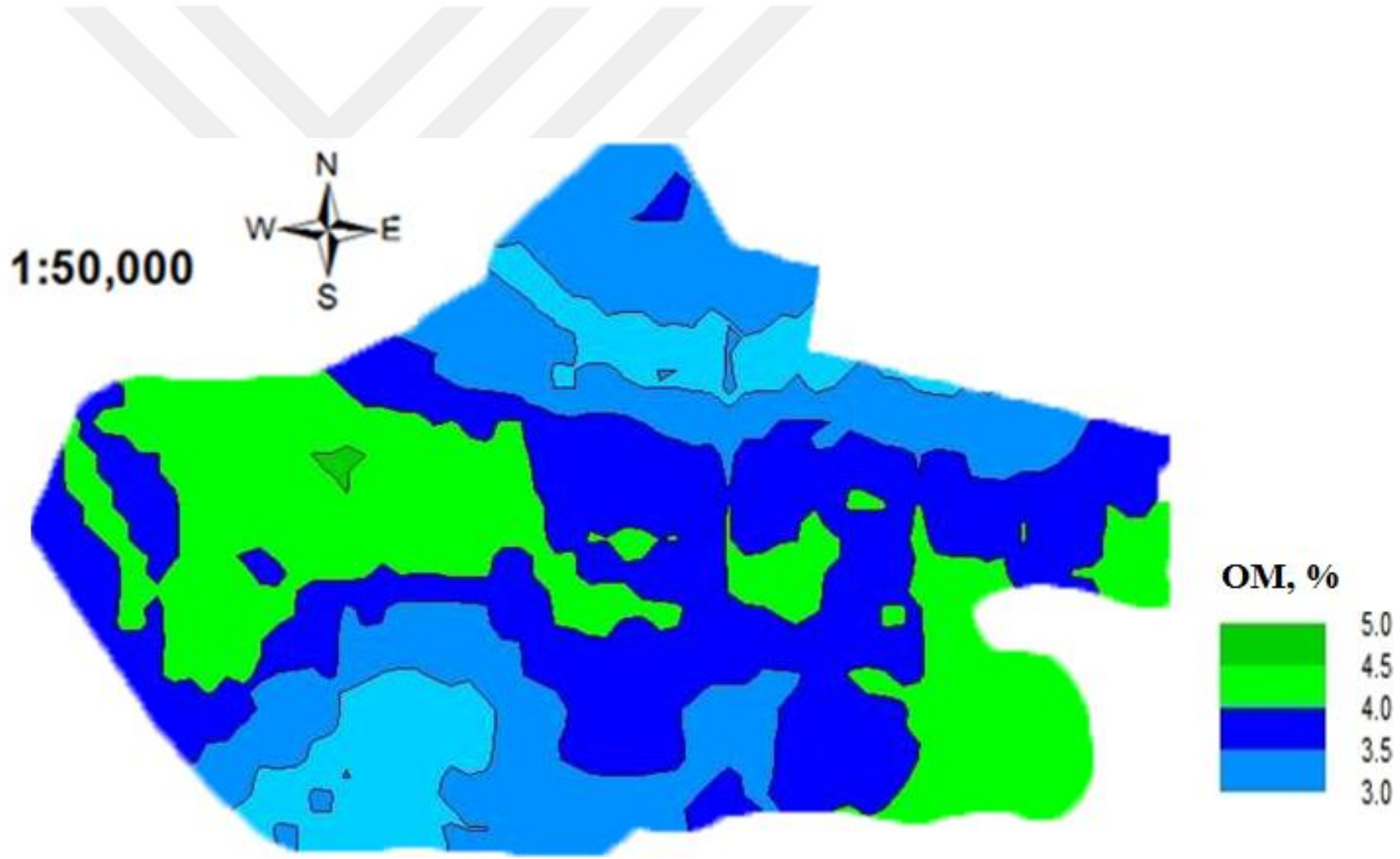
4.2.2.a. Organik maddenin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının organik madde içerikleri %1.45 ile %5.88 arasında değişmekte olup ortalama %3.56'dır. Alanın yaklaşık yarısından fazla bir kesiminde organik madde miktarı %3'ün üzerindedir.

Çalışma alanı topraklarında organik maddenin yapısal varyasyonunun modellenmesinde isotropik eksponansiyel model kullanılmış ve model parametreleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Organik maddenin alansal değişiminde yapısal varyansın kuvvetli bir mekânsal bağımlılık gösterdiği ve etki aralığının (range) toprağın tekstürel fraksiyonlarındakine benzer olarak yaklaşık 7000 m olduğu belirlenmiştir. Bu durum bitkisel yönetim uygulamaları bakımından çalışma alanında uzun yıllardan beri benzer

faaliyetlerin yürütüldüğünün göstergesi ve doğal bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Gökalp vd (2010) 2 800 ha'lık tuzlu-alkali bir alanda yaptıkları çalışmada organik maddenin mesafeye bağlı değişimini 0-30 cm derinlik için 2 600 m ve 30-60 cm derinlik için 3 000 m olarak belirlemişler ve toprak organik maddesinin vejetasyon yoğunluğu ile ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca Xu *et al.* (2010, 1039 km²'lik bir alanda yaptıkları çalışmada toprak organik maddesinin range değerini 32 km olarak belirlemiş ve mesafeye bağlı olarak organik madde içeriklerindeki değişkenliğin nedenini farklı vejetasyon, vejetasyon yoğunluğu ve farklı amenajman uygulamalarından kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Çalışma alanına ait organik madde dağılım haritası incelendiğinde, organik maddenin çalışma alanının özellikle kuzey batı–güney doğu diagonal ekseninde yoğunlaştığı ve söz konusu kesimde organik madde miktarının %3 veya daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Mineral topraklarda genellikle %4 veya daha yüksek organik madde içeriği “yüksek”, %1’den az olması ise “çok yetersiz” olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, çalışma alanının önemli bir kesimde organik madde bakımından herhangi bir yetersizliğin söz konusu olmadığı görülmektedir. Bu durum elma bahçesi olarak kullanılan çalışma alanında hemen hemen her yıl düzenli olarak çiftlik gübresi takviyesinin yapılmasının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Organik madde değişim paterni ile toprağın tekstürel bileşimlerine ait değişim paternleri arasında mutlak bir benzerlik tespit edilememekle birlikte özellikle kum içeriğinin yüksek olduğu kesimlerde organik madde miktarının genellikle düşük olduğu söylenebilir.

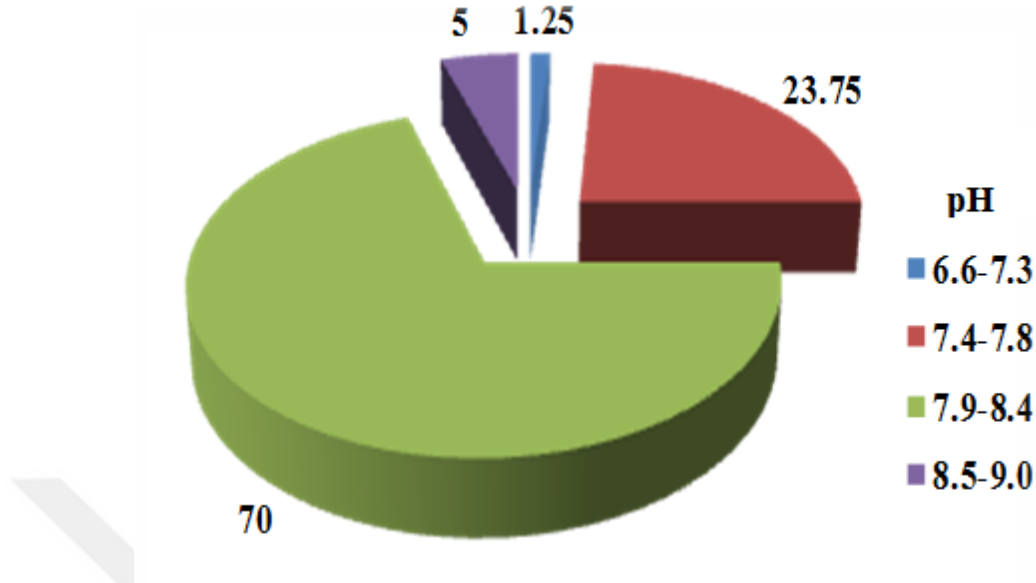


Şekil 4.8. Çalışma alanında organik madde miktarının yersel değişim paterni

4.2.3. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu toprağın en önemli kimyasal özelliklerinden biri olmakla birlikte, toprağın hem fiziksel, hem kimyasal hem de biyolojik davranışının önemli bir yansımasıdır. Toprak oluşum süreçlerinden, toprak faunasına kadar bir çok toprak özelliği toprak pH'sı ile doğrudan ilgilidir. Toprak verimliliği ve yönetimi açısından özellikle bitki besin elementlerinin yararlılığı, toprak pH'sının düzenlenmesine yönelik uygulamaları esas almaktadır. Bitki besin elementlerinin elverişliliği açısından, asidik toprak reaksiyonunun hakim olduğu ortamlarda alkali katyonların (Ca, Mg, Na ve K) yetersizliği ön plana çıkarken, Fe, Cu, Mn ve Zn gibi mikro elementlerin toksik düzeylerde olabileceği genellikle beklenen bir durumdur. Buna karşılık, toprak pH'sının alkalın koşullarda olduğu durumlarda mikro besin elementlerin yetersizliği önemli bir verimlilik sorunudur. Toprak pH'sının yüksek olduğu kireçli topraklarda fosfor, trikalsiyum fosfat şeklinde çökeldiğinden bitkiler tarafından alınabilirliği azalmaktadır. Bununla beraber demir, çinko, mangan, bakır, bor yüksek pH'da zor çözünen bileşikler oluştururken düşük pH'larda alüminyum bitkiler için toksik etki yaratmaktadır (Akıncı 2011). Diğer yandan, toprak pH'sının 8.5'dan daha yüksek olduğu koşullarda ise değişebilir katyonlardan Na'un toprak çözelti ortamında dominant duruma geçmesi nedeniyle alkali toprak koşulları ortaya çıkmaktadır. Bu durumda toprak strüktürü tamamen bozulmakta ve toprak geçirgenliği önemli düzeyde azalmaktadır. Toprakta bitkiye yararlı besin elementlerinin bitki tarafından alınabilirliğinin en uygun olduğu pH aralığının nötr pH (pH:6.7-7.3) aralığıdır. Ayrıca nötr pH, agronomik bakımdan önemli işlevleri olan bakterileri faaliyetlerinin de en üst düzeyde gerçekleştirebildiği pH aralığıdır.

Çalışma alanı topraklarının pH'sı 7.3 ile 8.7 arasında değişmekte olup ortalama 8.1'dir. Toprak pH'sı incelenen özellikler arasında çalışma alanı içerisinde varyasyonu en düşük (%4) olan toprak özelliğidir (Çizelge 4.1). Çalışma alanının %70'inde pH 7.9 ve %90'nın üzerindeki bir kesimde ise 7.5'in üzerindedir. Bitki besin elementlerinin elverişliliğinin en uygun olduğu nötr pH (6.6-7.3) aralığında bulunan alanın toplam alan içerisindeki payı ise sadece %1.25'dir (Şekil 4.9).



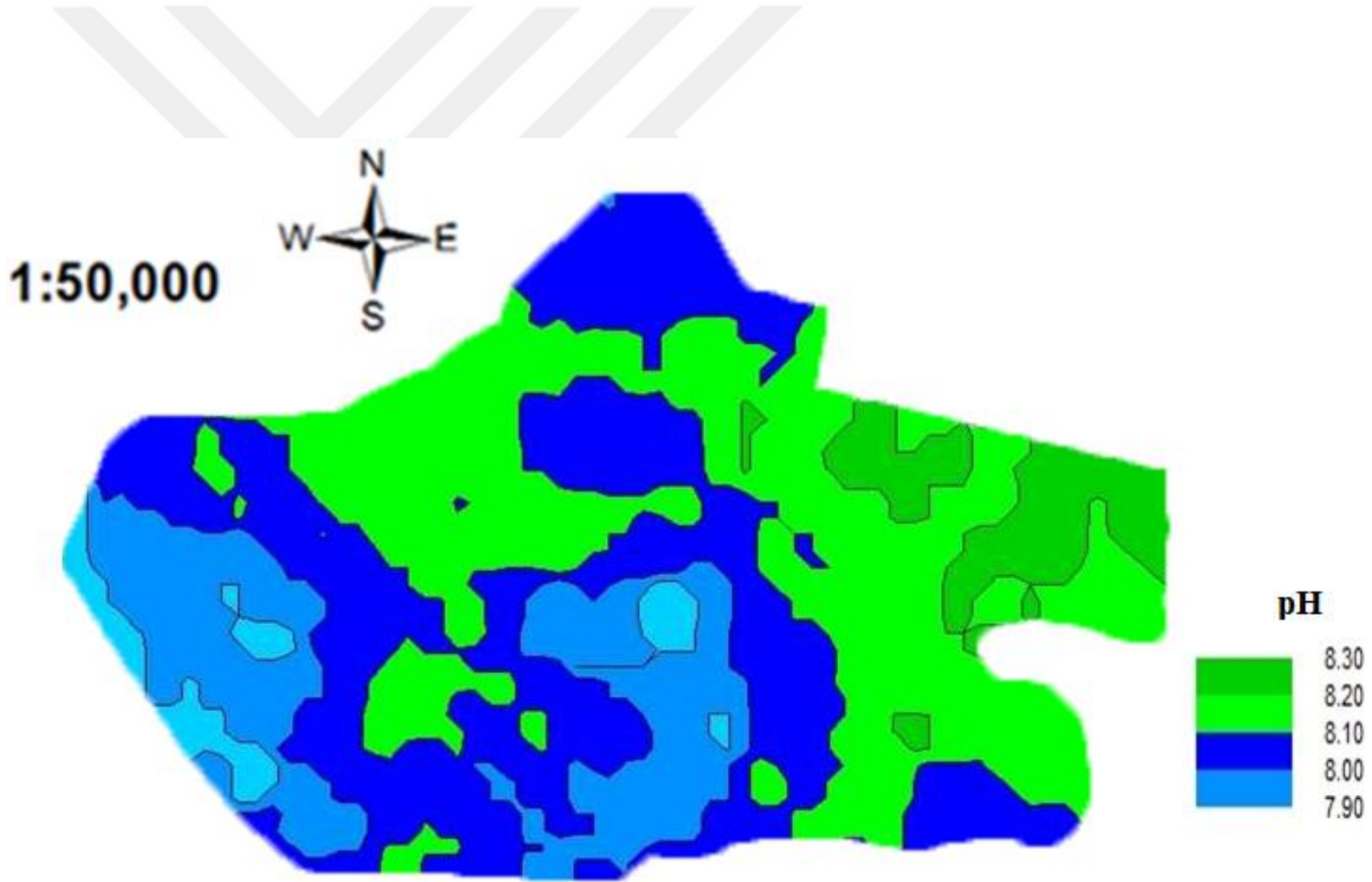
Şekil 4.9. Çalışma alanında toprak pH'sının alansal dağılımı

4.2.3.a. Toprak pH'sının mesafeye bağlı değişiminin haritalanması

Çalışma alanı topraklarının pH'sına ait semivariogram model ve model parametreleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Toprak reaksiyonu isotropik eksponansiyel semivariogram modeli ile karakterize edilmiştir. İncelenen toprak özellikleri içerisinde en yüksek etki aralığı (21 100 m) toprak pH'sı için belirlenmiştir. Bu da çalışma alanında toprak reaksiyonunun çok az bir değişkenlik gösterdiğine ve belirli sınırlar içerisinde oldukça homojen bir durum sergilediğine işaret etmektedir. Toprak reaksiyonunun, yıllık yağış miktarı başta olmak üzere, toprak tekstürü, toprak çözeltilisindeki katyonların çeşitliliği, topografik yapı ve drenaj gibi birçok faktör tarafından etkilendiği de göz önünde tutulacak olursa, belirtilen özellikler bakımından çalışma alanında önemli bir benzerliğin olduğu söylenebilir. Ancak, toprak reaksiyonu farklı ana materyal üzerinde oluşmuş veya farklı amenajman altındaki topraklarda oldukça yüksek değişkenlik buna bağlı olarak daha kısa mesafeli otokorelasyon gösterebilmektedir. Tuzlu-alkali topraklarda toprak pH'sının mekansal bağımlılığını inceleyen Liu *et al.* (2007) toprak pH'sı için etki aralığını 410.9 m, Kavianpoor *et al.* (2012) 889,1 m ve Emadi *et al.* (2008b) toprak derinliğine bağlı olarak yüzey tabakası için (0-30 cm) 1811 m, alt toprak tabakası için (60-90 cm) 7342 m olarak belirlemişlerdir.

Toprak pH'sının çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paterni Şekil 4.10'da görölmektedir. Toprak pH'sının çalışma alanının batı ve orta güney dilimlerinde yer yer 8.0'in altına düştüğü ancak çalışma alanının yaklaşık %90'ında 7.9'dan daha büyük olduğu görölmektedir.





Şekil 4.10. Çalışma alanında toprak reaksiyonunun yersel değişim paterni

4.2.4. Kireç

Kireç toprağın ana maddesi olup, kurak ve yarı kurak bölge topraklarında genellikle kalsit (CaCO_3) veya dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) olarak bulunmaktadır (Leytem and Mikkelsen 2005). Topraktaki kireç hem bitki gelişimi hem de toprakta agregat oluşumu için son derece önemlidir. Kireçtaşıında etkin madde olarak bulunan kalsiyum ve magnezyum makro bitki besin elementleri arasında yer almaktadır. Topraktaki kireç miktarı aynı zamanda toprakta pH'nın regülatörüdür. Kalsit ve dolomit formunda bulunan kireç bitkilerin gelişebilmeleri için gereksinim duydukları Ca ve Mg bakımından depo görevi olması yanı sıra çimentolayıcı bir özellik taşıması ile de toprağın fiziksel özelliklerinden agregatlaşma üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır (Dontsova and Norton 2001) . Toprakta bulunan kireç kalsit formunda olduğunda pH 7.0 ile 8.5 arasında değişim göstermekte, Na_2CO_3 hâkim duruma geçtiği zaman ise toprak pH'sı 8.5'un üzerine çıkmaktadır (Suarez 1995). Bitki besleme açısından kireçli topraklarda en riskli bitki besin elementi hiç şüphesiz fosfordur. Aşırı kireçli topraklarda fosfor kalsiyum ile birleşerek çözünürlüğü çok az dolayısıyla da bitkiler tarafından yararlanılamayan kalsiyum fosfatlara dönüşmektedir (Leytem and Mikkelsen 2005). Kireçli toprakların yüksek verim gücü doğru amenajman uygulamaları ile ortaya çıkarılabilmektedir.

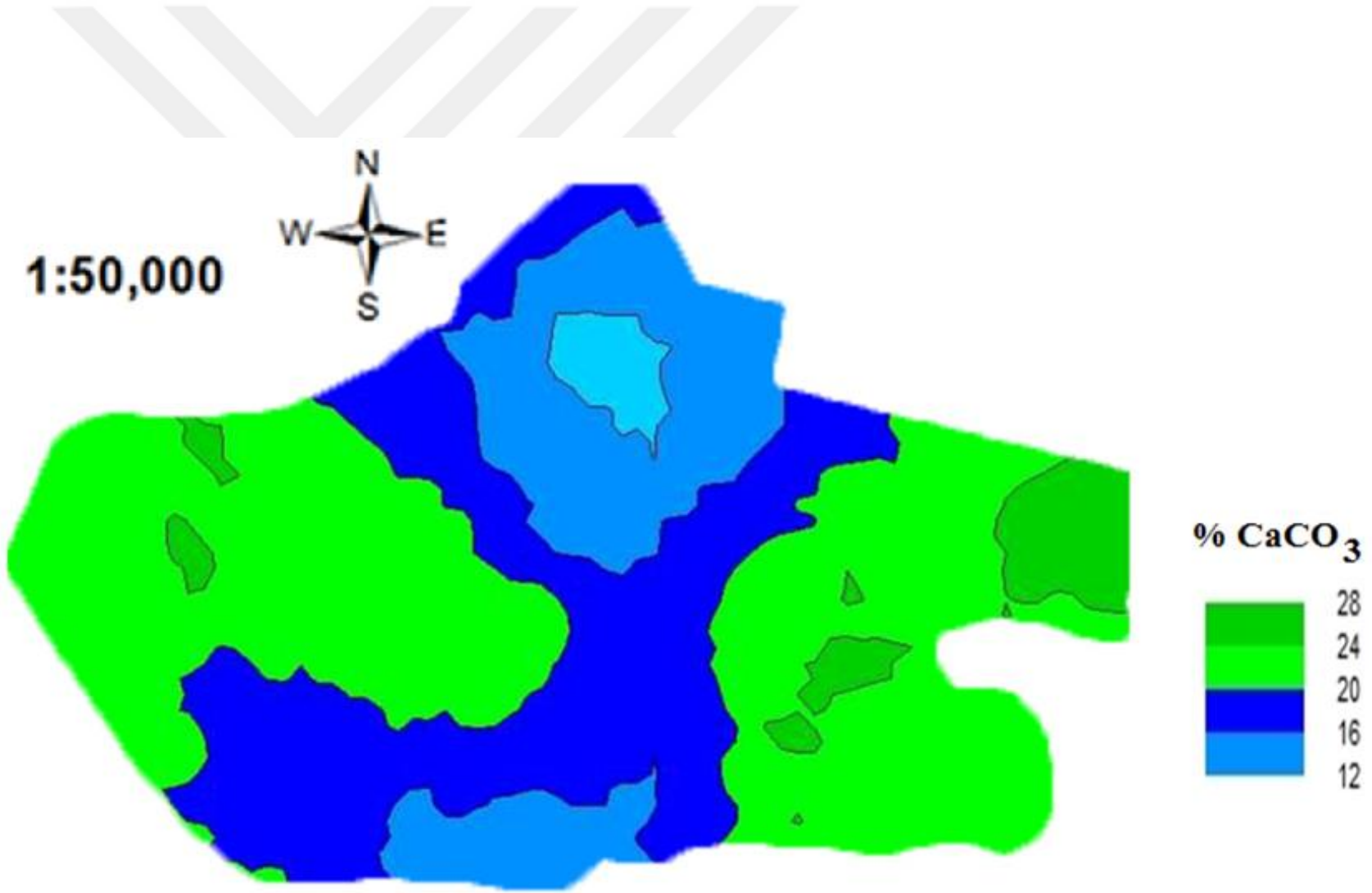
Çalışma alanı topraklarının kireç içeriği %5 ile %35.8 arasında değişim göstermekte olup ortalama %19.1 ile "çok kireçli" sınıfına girmektedir (Çizelge 4.1). Çalışma alanının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünde kireç içeriği %10'un üzerindedir.

4.2.4.a. Kireç içeriğinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının kireç içeriğine ait mekansal bağımlılık isotropik eksponansiyel semivariogram modeli ile tanımlanmıştır (Çizelge 4.3). Kireç içeriğinin oldukça kuvvetli bir mekansal bağımlılık gösterdiği ve örnek çiftlerinin bağımlı olduğu maksimum mesafenin yaklaşık 4600 m olduğu ve incelenen birçok toprak özelliğine göre daha kısa mesafelerde değişim sergilediği anlaşılmaktadır. Çalışma alanı

topraklarının benzer ve kireçli ana materyal üzerinde oluştuğu dikkate alındığında daha kısa bir etki aralığının beklenen bir durum olmaması düşünülmesine rağmen, mikro topografyaya bağlı olarak üst toprakta kirecin kısmi yıkanmasının böyle bir değişkenliğe yol açması da olasıdır. Kavianpoor *et al.* (2012) toprakta kireç içeriği için etki aralığını 910.9 m olarak belirlemiş ve kireç içeriğindeki yersel bağımlılığı etkileyen en önemli unsurların toprak tekstürü ve mineralojisi olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Çalışma alanı topraklarının kireç içeriklerine ait yersel değişim paterni Şekil 4.11’de görülmektedir. Kireç içeriğinin çalışma alanının orta kesiminde Kuzey-Güney bandında %20 den daha az ve yer yer %10’un altına düştüğü, Doğu ve Batı kesimlerinde ise %20 nin üzerinde ve özellikle uzakdoğu diliminde %30’dan daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Çalışma alanında kireç içeriğinin yersel değişim paterni

4.2.5. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik toprakta tuz konsantrasyonunun indirekt ölçümüdür ve toprak ekstraktının elektriği iletme yeteneğinin bir göstergesidir. Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı-kurak iklimlerde düşük yağış ve yüksek evaporasyona bağlı olarak ortaya çıkan çok önemli bir sorundur (Faritfeh *et al.* 2005; Bouksila *et al.* 2013; Herrero *et al.* 2014). Sulamaya bağlı ve/veya aşırı kimyasal gübre kullanımına bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Toprak tuzluluğu hem bitki gelişimi ve sağlığı hem de toprak kalitesi bakımından izlenmesi ve yönetilmesi gereken önemli bir parametredir. Tuzlu topraklar yüksek miktarlarda Ca, Mg, Na ve K'un çözünmüş tuzlarını içermektedir. Toprağın EC değeri 4 dS m^{-1} 'den daha fazla ise tuzluluk sorunu mevcuttur.

Bitki gelişimi toprak tuzluluğu tarafından sınırlandırılmaktadır. Tuzlu topraklarda; (i) osmotik potansiyel farkından dolayı bitkiler topraktaki suyu kullanamamakta ve kendi öz suyunu dahi kaybedebilmekte, (ii) tuzlu toprak çözeltisinde yüksek konsantrasyonları nedeniyle klor, sodyum ve bor bitkiler tarafından fazlaca tüketilmekte ve toksik etkiye yol açabilmekte, (iii) besin elementi alımında dengesizliklere sebebiyet vermektedir, örneğin toprakta yüksek klorür konsantrasyonu nedeniyle bitkilerce, nitrat ve sülfat alımının azalması gibi (Iwai *et al.* 2013; Yin *et al.* 2013; Galer *et al.* 2014).

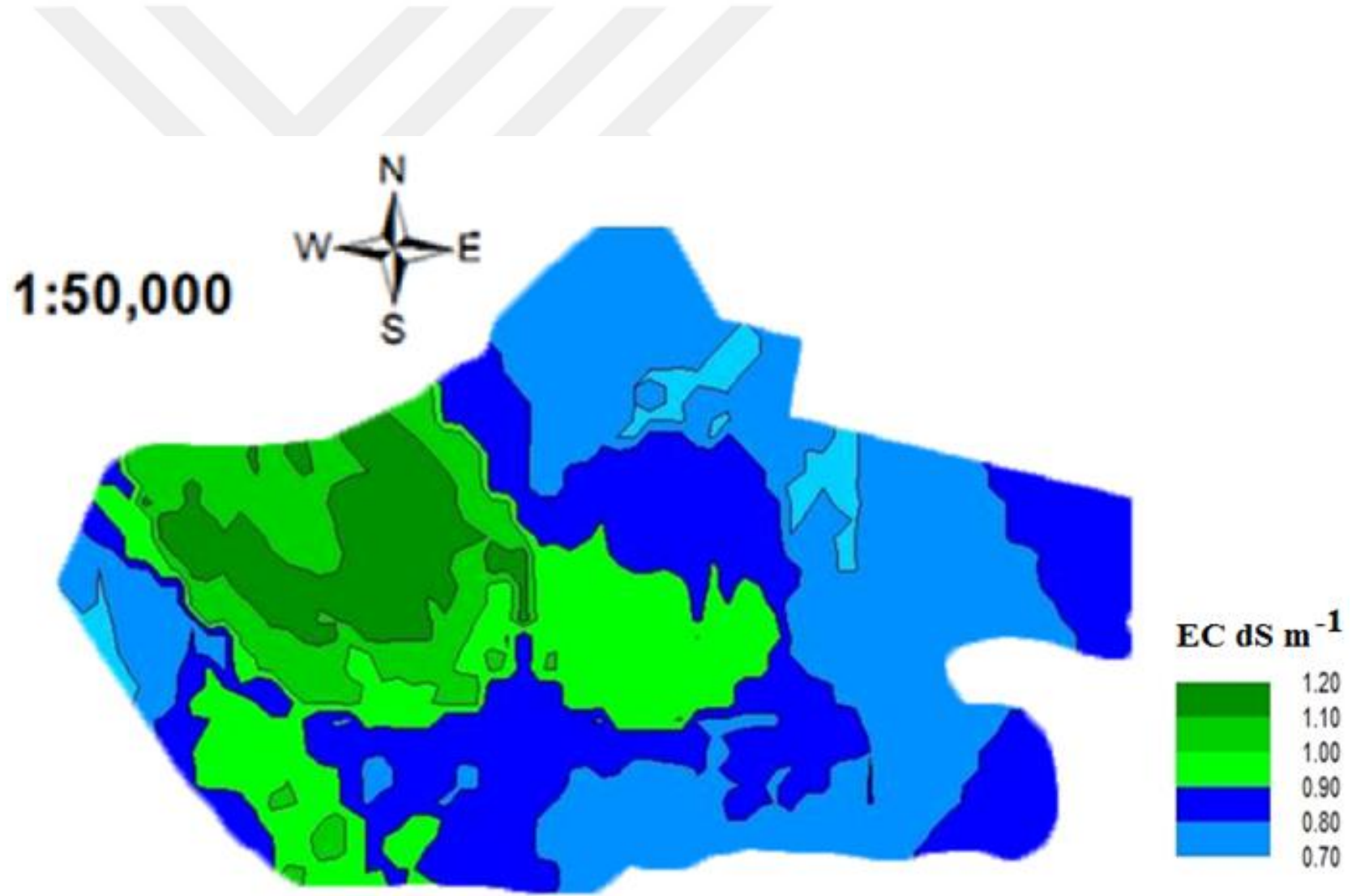
Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenlik değerleri 0.14 dS m^{-1} ile 2.45 dS m^{-1} arasında değişim göstermekte olup ortalama 0.83 dS m^{-1} 'dir (Çizelge 4.1). Çalışma alanının hemen hemen tamamına (%98.75) yakınında EC değeri 2 dS m^{-1} 'den daha düşüktür. Buda çalışma alanında tuzlulukla ilgili ciddi bir sorunun olmadığına işaret etmektedir.

4.2.5.a. Toprak tuzluluğunun (EC göstergeli) mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının elektriksel iletkenlik değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik eksponansiyel semivariogram modeli tercih

edilmiştir (Çizelge 4.3). Elektriksel iletkenlik ölçümleri arasındaki mekansal bağımlılık derecesinin diğer incelenen toprak özelliklerine göre nispeten daha zayıf olduğu ve örnek çiftlerinin bağımlı olduğu maksimum mesafenin ise toprak tektürü ve organik madde içeriği için belirlenen etki aralığı ile hemen hemen aynı (7110 m) olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin mekansal bağımlılık derecesi bakımından daha zayıf olması çalışma alanı içerisinde tuz hareketinin lokal etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Literatürde elektriksel iletkenlik parametresinin daha uzun mesafeler içerisinde kuvvetli mekansal bağımlılık sergilediğine ilişkin sonuçlar mevcuttur. Elektriksel iletkenlik etki aralığı olarak (Jordân *et al.* 2004), tuzlu alkali topraklarda 26 km ve (Pedreno *et al.* 2007) 26.2 km olarak rapor etmekte ve (Pedreno *et al.* 2007), bu kadar uzun mesafelerde EC için bir mekansal bağımlılığın varlığını toprak profilinde tuzların yıkanıp uzaklaşması için yeterince yağışın olmaması ve toprak profilinde tuzların birikmesinden kaynaklandığına dikkat çekmektedirler. Bununla birlikte (Kavianpoor *et al.* 2012) EC etki aralığının 273.8 m olarak bildirmekte ve ana materyal ve fiziksel özelliklerdeki değişkenliklerin yanı sıra aynı alanda farklı amenajman uygulamaları nedeniyle örnekler arasındaki benzerliğin çok kısa mesafelerde bile farklı olmasına neden olabileceğinin altını çizmektedir.

Elektriksel iletkenliğin çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paterni Şekil 4.12'de görülmektedir. Elektriksel iletkenliğin çalışma alanının kuzey batı kesimi dışında geriye kalan alanın tamamında 1.0 dS m^{-1} 'nin altında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. Çalışma alanında elektriksel iletkenlik değerinin yersel değişim paterni

4.2.6. Değişebilir katyonlar (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ ve K⁺)

Toprakta değişebilir katyonlar toprak çözeltisinde bulunan ve kil adsorbe yüzeylerinde değişim özelliği gösteren çok sayıda katyonu ifade eder. Ancak, genel olarak değişebilir katyonlardan toprağın katyon değişim kapasitesini oluşturan toprak alkali katyonlar (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ ve K⁺) ve asit topraklarda bu katyonlara ilave olarak değişebilir H⁺ kastedilmektedir. Toprakta değişebilir katyonların belirlenmesi hem toprak verimliliği hem de toprağın baz ve hidrojen doyumunun değerlendirilmesi açısından önemlidir. Değişebilir Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ ve K⁺ aynı zamanda bitki besin elementidirler. Değişebilir katyonlar içerisinde özellikle Ca⁺⁺ ve Na⁺ özel önem taşımaktadır. Kalsiyum toprakta flokülasyonu sağlayarak strüktürel yapının ortaya çıkmasında ve stabilitesinde önemli iken Na⁺'un varlığı tam tersine dispers edici özelliğinden dolayı toprak strüktürünün bozulmasına yol açmaktadır.

Çalışma alanı topraklarının değişebilir katyon miktarları kalsiyum için; 1.0 cmol kg⁻¹ ile 10 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermekte olup ortalama 4.5 cmol kg⁻¹; magnezyum için 1.2 cmol kg⁻¹ ile 10 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermekte olup ortalama 3.9 cmol kg⁻¹; sodyum için 0.4 cmol kg⁻¹ ile 12 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermekte olup ortalama 1.0 cmol kg⁻¹ ve potasyum için 0.1 cmol kg⁻¹ ile 1.3 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermekte olup ortalama 0.2 cmol kg⁻¹'dir (Çizelge 4.1). Çalışma alanı topraklarında değişebilir kalsiyum miktarının ortalama üzerinden diğerlerine göre daha yüksek olduğu ancak maksimum değerler değişebilir sodyum için belirlendiği ve bu nedenle lokalde olsa değişebilir sodyumla diğer bir ifadeyle alkalilikle ilgili sorunların mevcut olabileceği söylenilebilir.

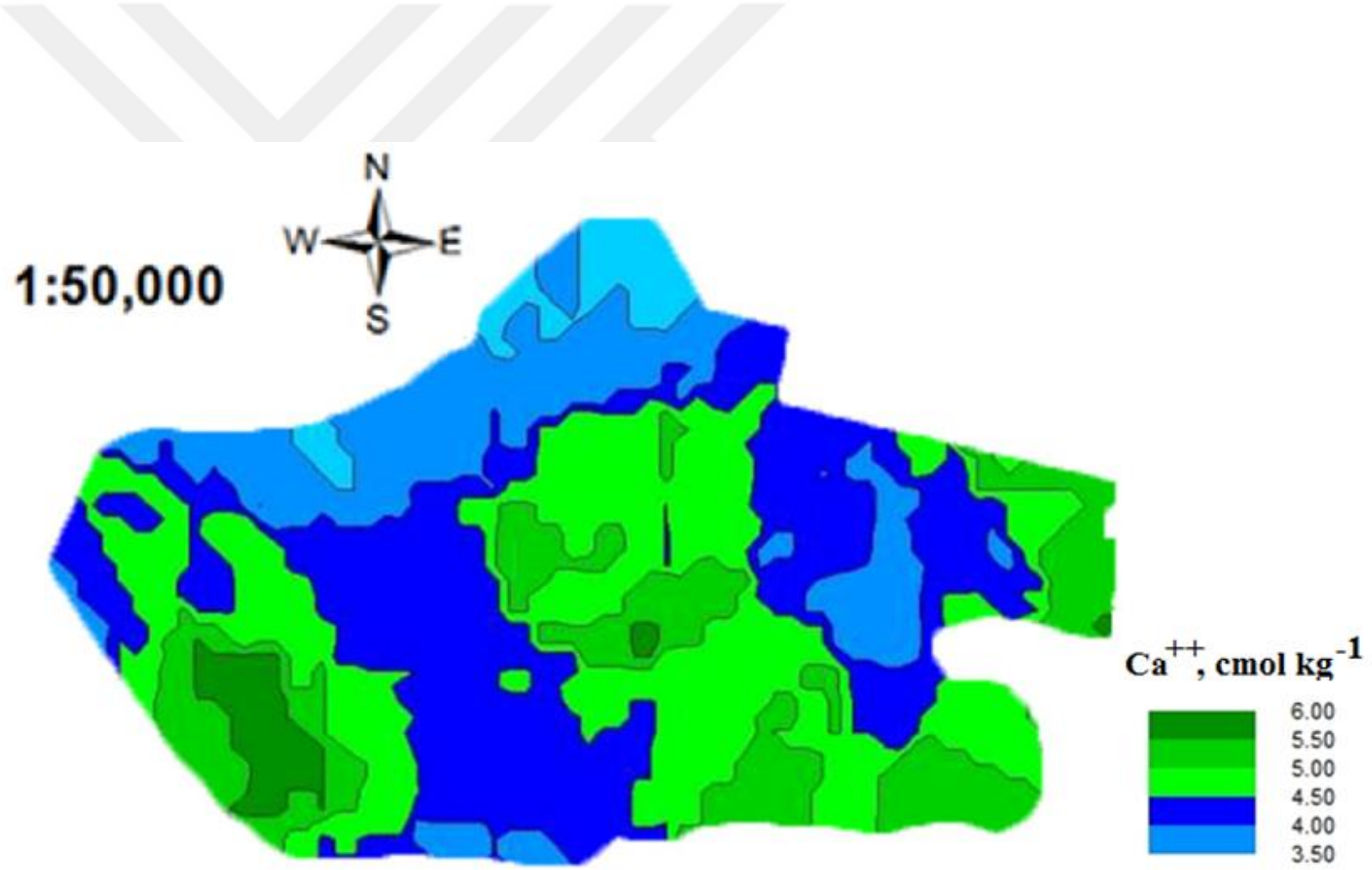
4.2.6.a. Değişebilir katyonların (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ ve K⁺) mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının değişebilir katyon miktarlarına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda değişebilir Ca⁺⁺, Na⁺ ve K⁺ için isotropik küresel, değişebilir Mg⁺⁺ için ise isotropik eksponansiyel semivariogram

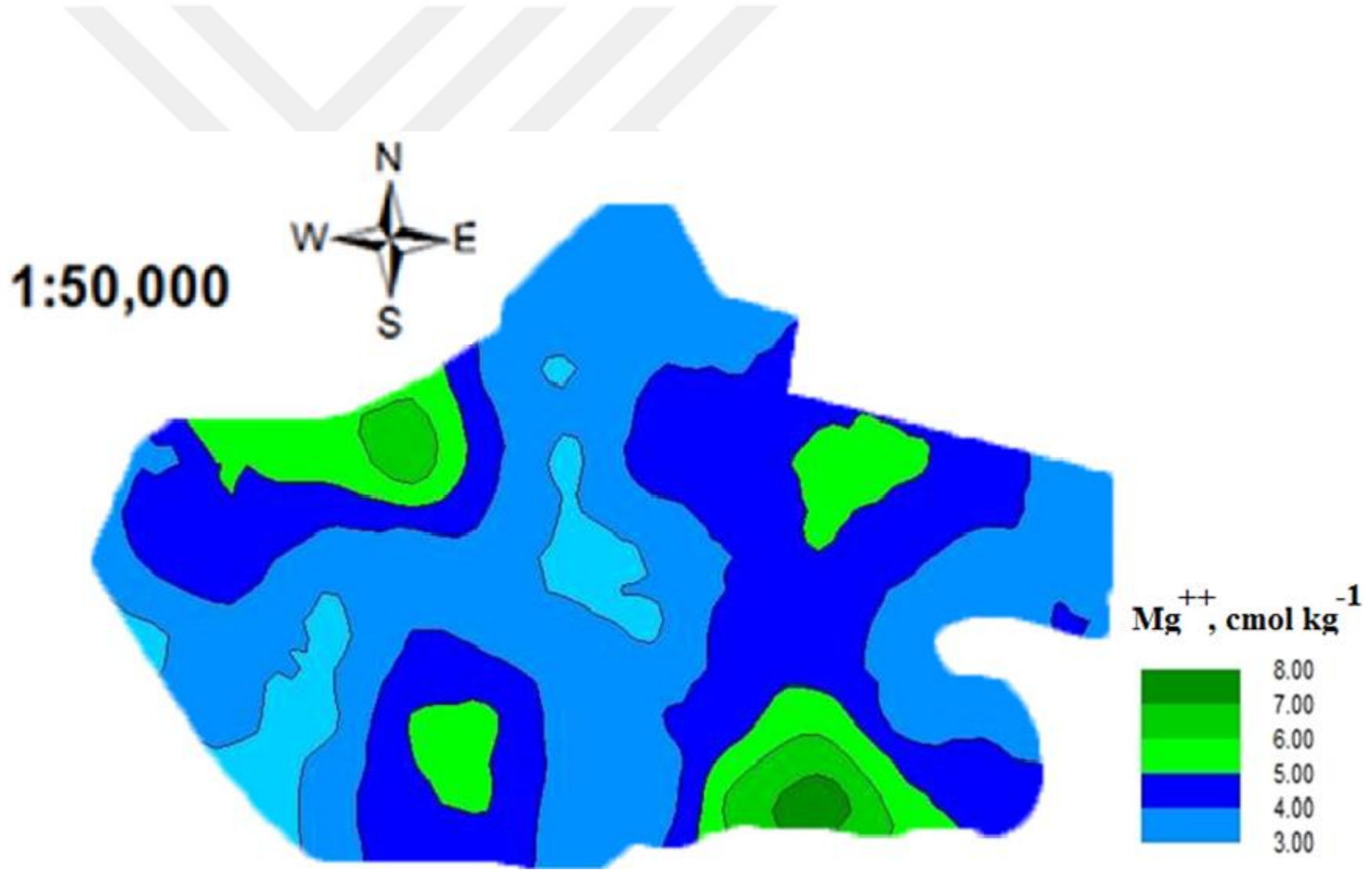
modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe değişebilir Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+ için sırasıyla 19540 m, 6400 m, 6537 m ve 13670 m olarak belirlenmiştir. Değişebilir katyonların mekansal bağımlılık derecesinin diğer incelenen toprak özelliklerine göre çok daha yüksek olduğu yapısal varyansın toplam varyans içerisindeki nispi payının her bir değişebilir katyon için en az %60 olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3). Değişebilir katyonlar için mekansal bağımlılık derecesinin yüksek olması çalışma alanında ana materyaldeki benzerliğin doğal bir sonucu olarak düşünülebilir.

Değişebilir katyonların çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'da görülmektedir. Değişebilir Ca^{++} 'un çalışma alanının güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaştığı, kuzey diliminde ise en düşük değerlerde yer aldığı (Şekil 4.13), değişebilir Mg^{++} miktarının ise çalışma alanının güneydoğu kesiminde en yüksek değerlere ulaştığı, iç ve güney batı kesimlerinde ise 5 cmol kg^{-1} 'in altına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.14).

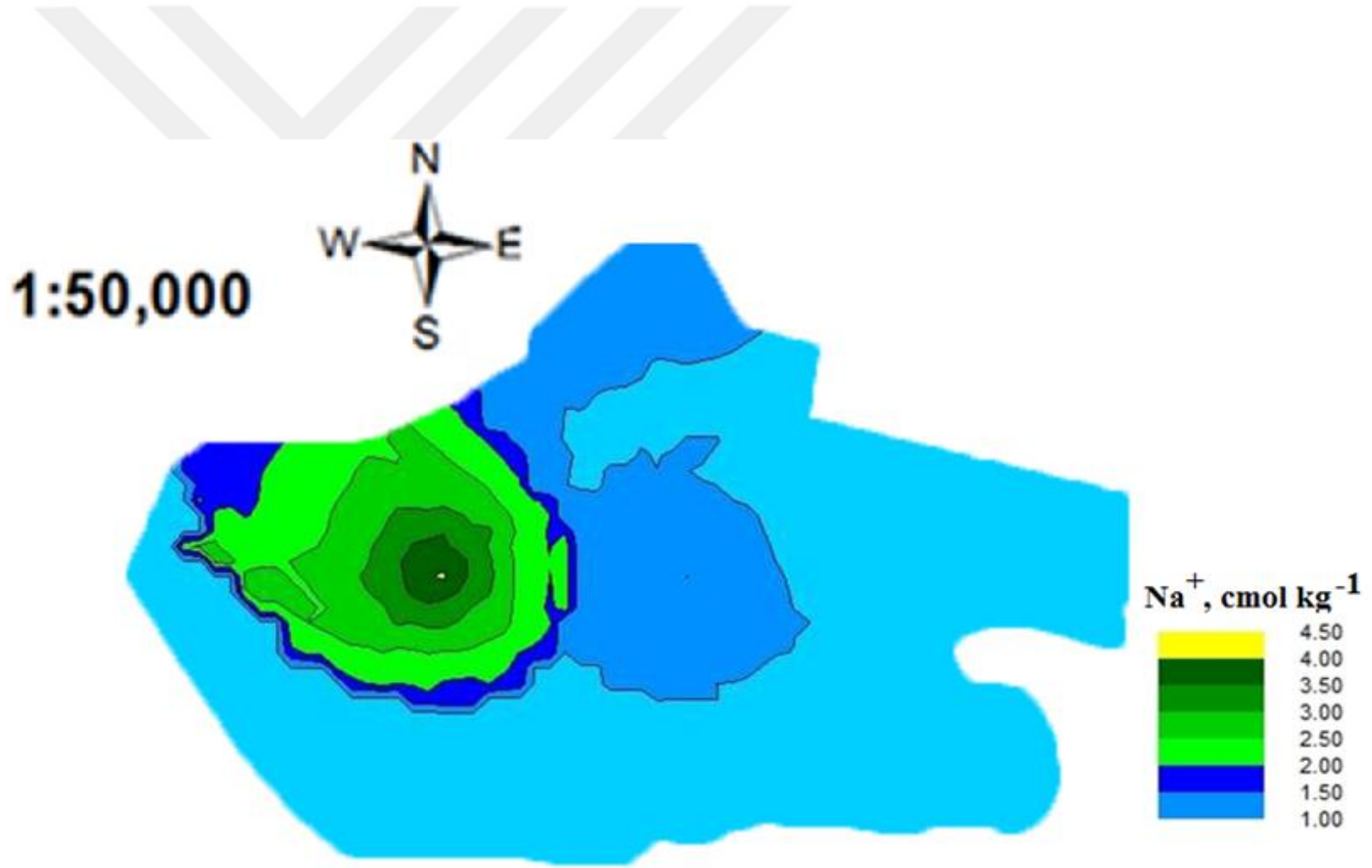
Değişebilir Na^+ 'un çalışma alanındaki değişimi oldukça ilginçtir. Çalışma alanının kuzeybatı diliminde lokalize olan değişebilir Na^+ 'un azalan dalga hareketiyle iç kesimlere doğru hızlı bir şekilde azaldığı, alanın doğu, batı ve kuzeydoğu kesimlerinde 1.5 cmol kg^{-1} 'in altına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.15). Değişebilir K^+ ise çalışma alanının güneybatı kesiminde $0.40 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'in üzerinde iken kuzeyde yer yer $0.30 \text{ cmol kg}^{-1}$ seviyelerinde seyretmekte ve çalışma alanının diğer kesimlerinde $0.25 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'in altında değerler sergilemektedir (Şekil 4.16).



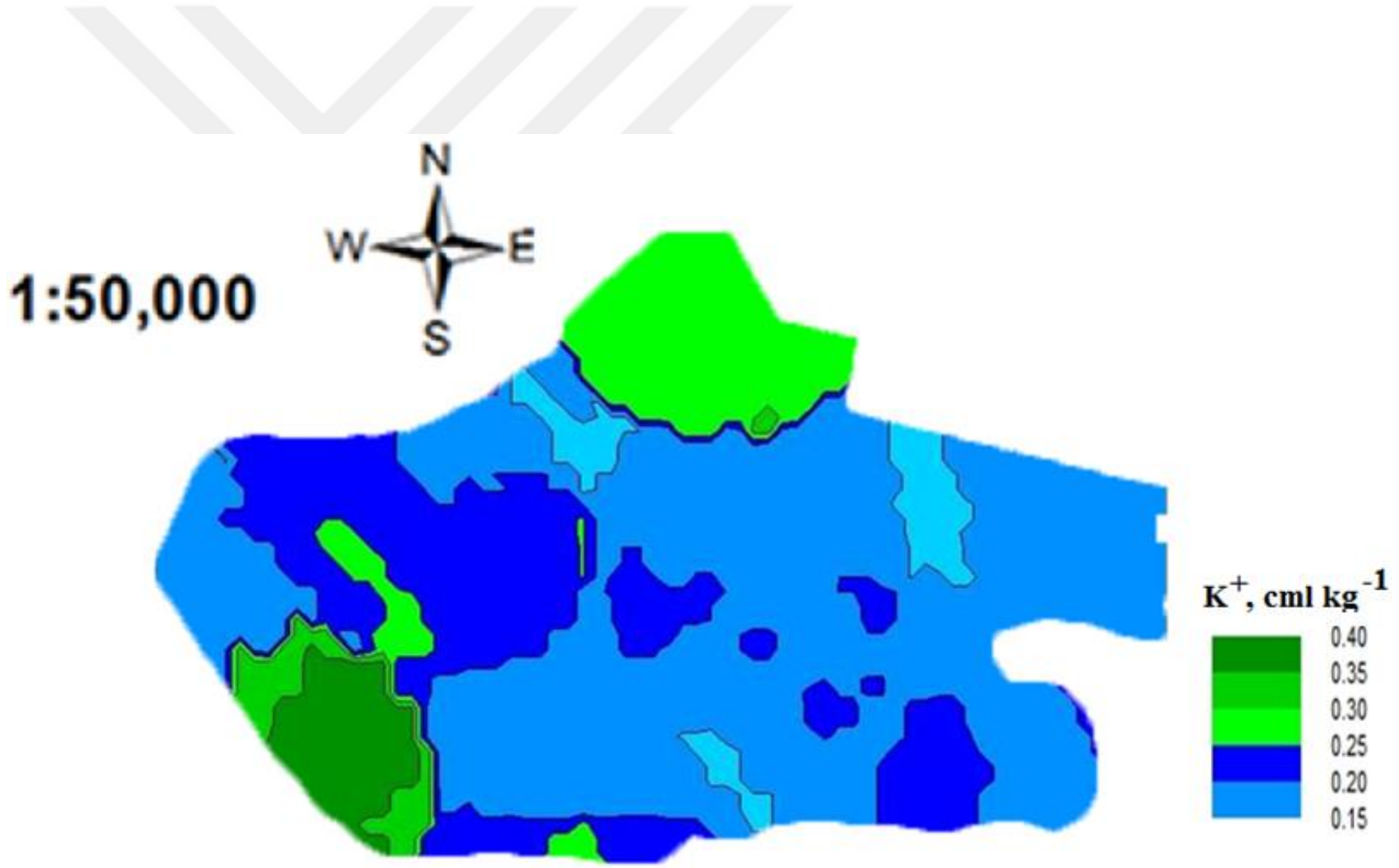
Şekil 4.13. Çalışma alanında değişebilir Ca⁺⁺'a ait yersel değişim paterni



Şekil 4.14. Çalışma alanında değişebilir Mg^{++} 'a ait yersel değişim paterni



Şekil 4.15. Çalışma alanında değişebilir Na⁺'a ait yersel değişim paterni



Şekil 4.16. Çalışma alanında değişebilir K^+ a ait yersel değişim paterni

4.2.7. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)

Değişebilir sodyum yüzdesi toprağın katyon değişim kapasitesi içerisinde değişebilir sodyumun nispi oranına işaret etmektedir. Sodyum adsorpsiyon oranı ise değişebilir Na^+ 'un değişebilir Ca^{++} ve değişebilir Mg^{++} 'a göre değişim yüzeylerindeki nispi bağlanma oranını göstermektedir. Aslında her iki özellik arasında mutlak bir ilişki söz konusudur. Değişebilir sodyumun değişim kompleksleri üzerindeki varlığı %15'in üzerine çıktığında toprak alkalileşmekte ve strüktürel açıdan elverişsiz duruma geçmektedir. Bu durumda geçirgenlik sifıra kadar düşebilmekte ve bitki gelişimi tamamen engellenebilmektedir. Toprak tuzluluğu ve alkaliliği sınıflandırmasında ESP, EC ve pH ile birlikte en temel parametrelerdendir.

Çalışma alanı topraklarının değişebilir sodyum yüzdesi %1.5 ile %34.1 arasında değişmekte olup ortalama %4.3, sodyum adsorpsiyon oranı ise 0.17 ile 4.76 arasında değişmekte olup ortalama 0.49'dur. Hem ESP hem de SAR incelenen özellikler içerisinde varyasyon katsayısı %100 e yakın veya üzerinde olan toprak özellikleri arasında yer almaktadırlar (Çizelge 4.1).

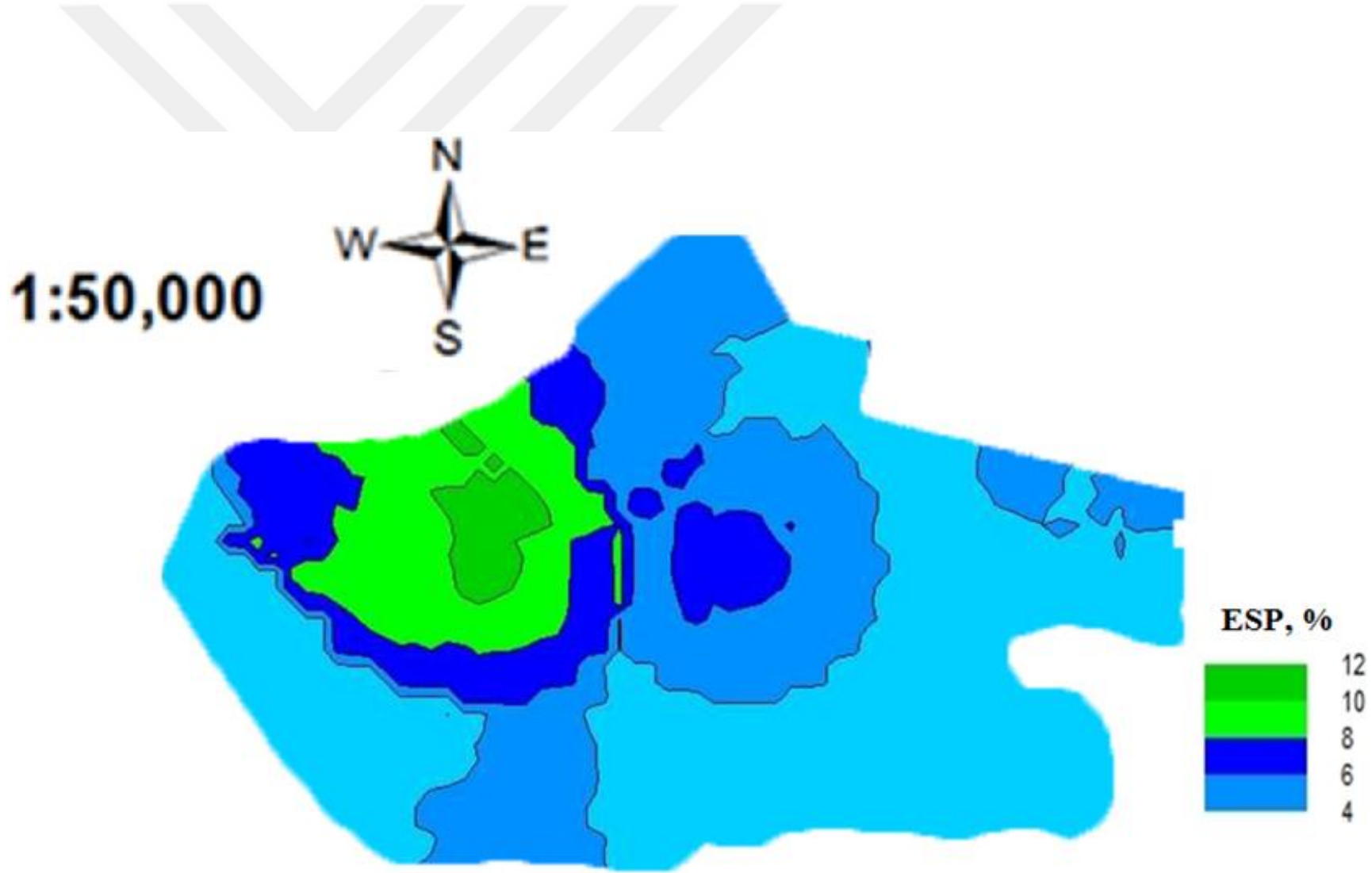
4.2.7.a. Değişebilir sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranının mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının değişebilir sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik küresel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe ESP için 6 437 m, SAR için ise 6570 m olup birbirlerine oldukça yakındır (Liu *et al.* 2012). Toprak kalitesi üzerine yaptıkları çalışmalarında ESP için etki aralığını 533 m, Emadi *et al.* (2008) tuzlu alkali topraklarda yaptıkları çalışmalarında ESP için etki aralığını 0-30 cm toprak derinliği için 3 642 m, 30-60 cm toprak derinliği için 6 368 m ve 60-90 cm toprak derinliği için 11 631 m olarak rapor etmişlerdir. Çalışma alanımızda değişebilir Na yüzdesi ve SAR

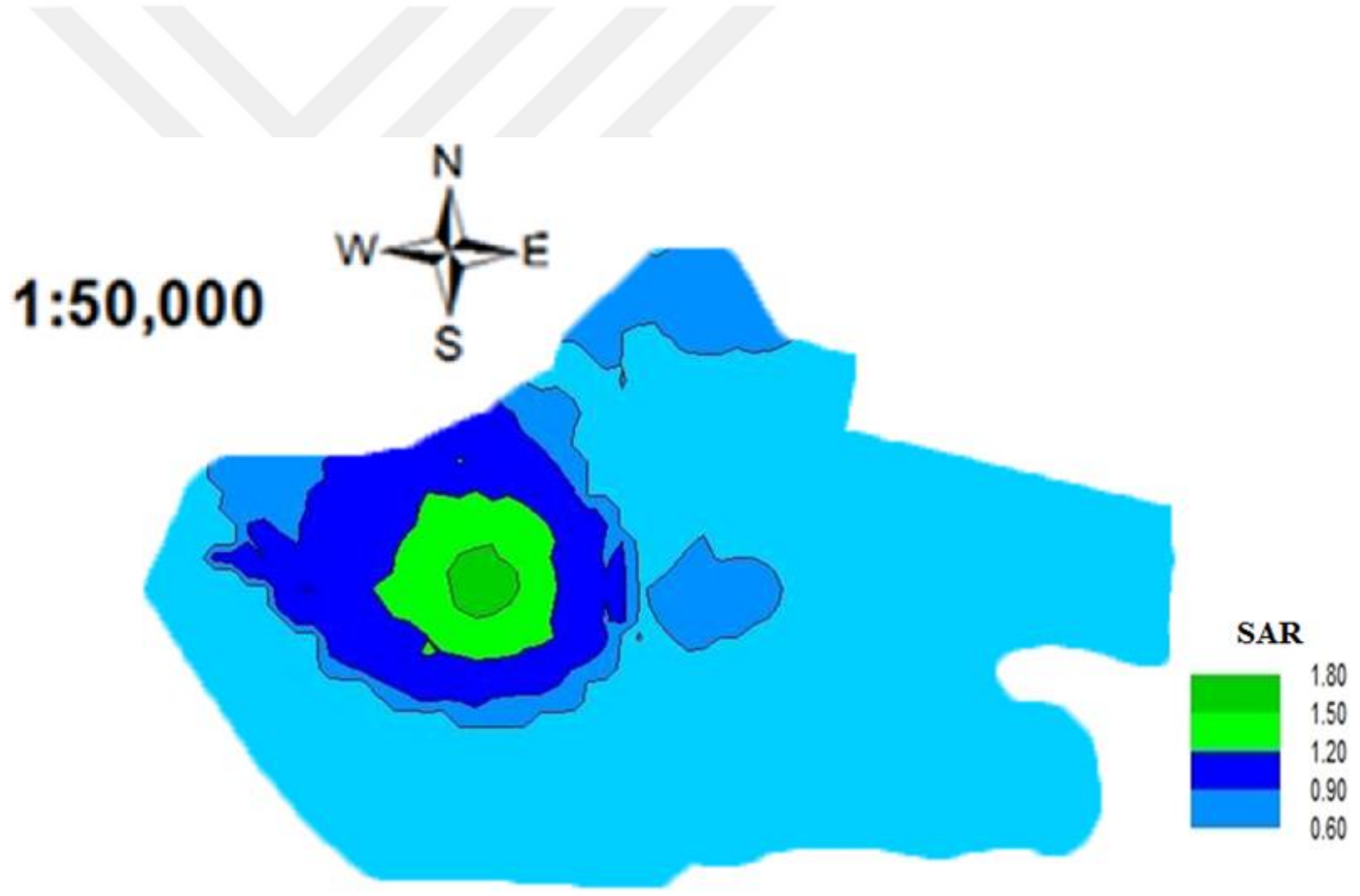
için belirlenen mekansal bağımlılık dereceleri nispeten yüksek düzeyde olup, yapısal varyansın toplam varyans içerisindeki nispi payı %56-60 civarındadır (Çizelge 4.3).

Değişebilir Na yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranının çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de görülmektedir. Hem ESP hem de SAR'ın çalışma alanının kuzeybatı kesiminde yoğunlaştığı, bu noktadan başlayarak iç kesimlere doğru artan azalışlar şeklinde hızlıca düştüğü ve çalışma alanının batı, doğu ve güneydoğu kesimlerinde minimize olduğu görülmektedir. ESP değeri çalışma alanının çok büyük bir kısmında %6 SAR'ın ise 0.9'dan daha düşüktür.





Şekil 4.17. Çalışma alanında değişebilir sodyum yüzdesine (ESP) ait yersel değişim patemi



Şekil 4.18. Çalışma alanında sodyum adsorpsiyon oranına (SAR) ait yersel değişim paterni

4.2.8. Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Katyon değişim kapasitesi, birim toprağın tutup değiştirebildiği toplam katyon miktarını ifade eder. Katyon değişim kapasitesi toprağın verimlilik potansiyelini belirleyen en önemli kimyasal özelliktir (Bronick and Lal 2005). Katyon değişim kapasitesi bir kantitatif ifade olup toprağın negatif yük miktarına bağlıdır (Hepper *et al.* 2006). Montmorillonit ve vermiküllit gibi smektit grubu killerce zengin toprakların katyon değişim kapasiteleri de yüksektir. Kil tipi aynı olmak kaydıyla toprağın kil içeriği ve organik madde miktarındaki artışla birlikte KDK'da artar. Katyon değişim kapasitesi yüksek topraklar verimli olmakla birlikte yüksek tamponlama kapasitesine de sahiptirler. Bu nedenle, KDK bitkilerin besin alımı ve salınımını etkiler ve ağır metallerin ve bazı katyonik ve organik kirletici maddelerin tehlike potansiyellerinin değerlendirmesinde dikkate alınan bir özelliktir (Caravaca *et al.* 1999). KDK aynı zamanda toprak kalitesi ve sağlığının belirlenmesinde de önemli bir göstergedir (Hepper *et al.* 2006).

Çalışma alanı topraklarının katyon değişim kapasiteleri $11.5 \text{ cmol kg}^{-1}$ ile $35.2 \text{ cmol kg}^{-1}$ arasında değişmekte olup ortalama $23.7 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'dir. KDK bazlı verimlilik potansiyeli bakımından topraklar orta verimli sınıfına girmektedir. KDK için değişim aralığı yüksek görülse bile çalışma alanı içerisindeki varyasyonu nispeten düşüktür (CV%23) (Çizelge 4.1).

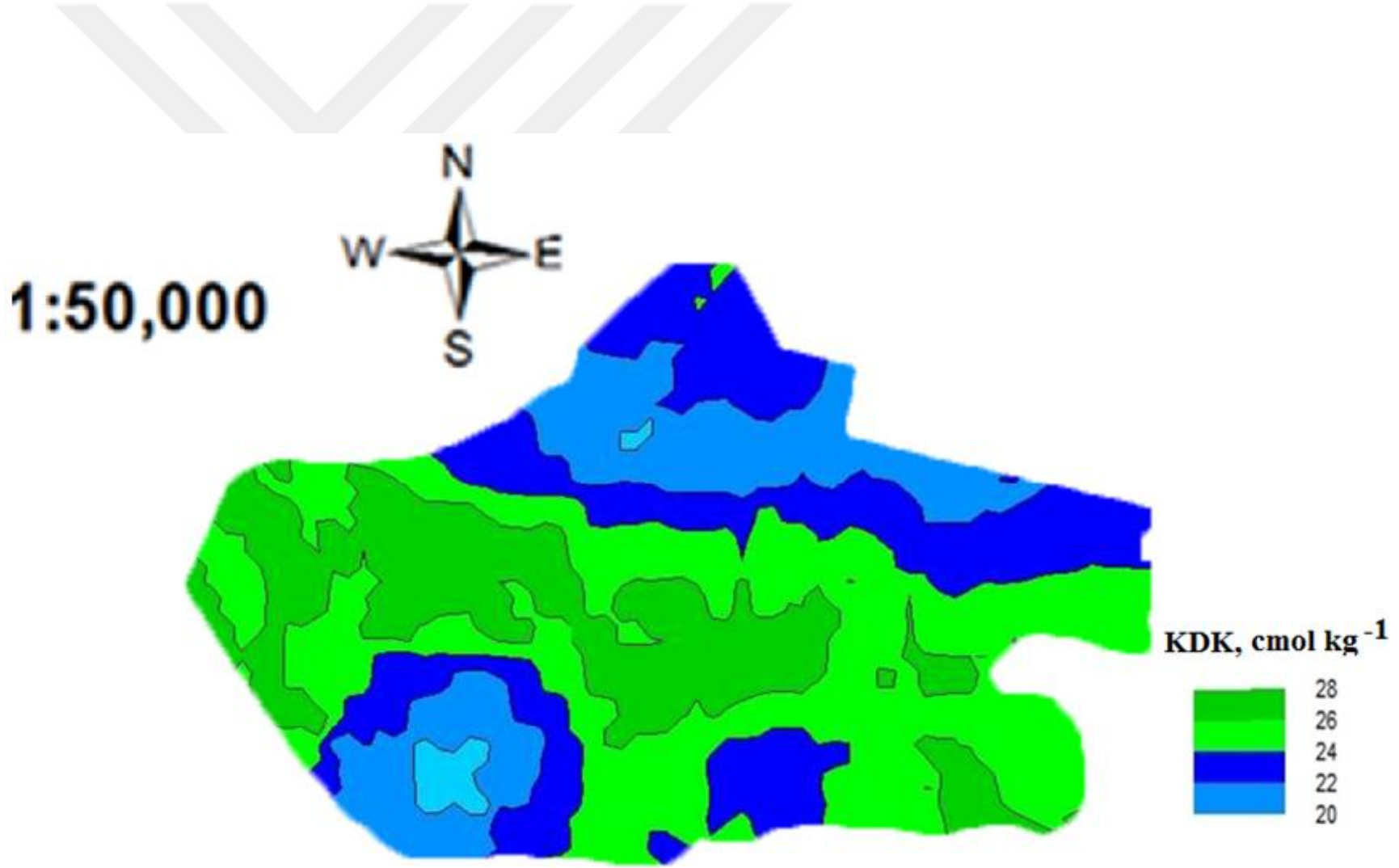
4.2.8.a. Katyon değişim kapasitesinin mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının KDK'sına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik eksponansiyel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe çalışma alanında kil içeriği ve organik madde miktarına ait etki aralıklarıyla birebir eğit (7100 m) çıkmıştır. Bu durum toprakların KDK'larında belirleyici

özelliklerin kil içeriği ve organik madde miktarı olduğunun da açık bir göstergesidir (Çizelge 4.3).

Katyon değişim kapasitesinin çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.19'da görölmektedir. Çalışma alanının kuzey ve güneybatı kesimlerinde KDK' nın 24 cmol kg⁻¹ dan daha düşük, diğer kesimlerde ise 30 cmol kg⁻¹'e kadar yükseldiği görölmektedir.





Şekil 4.19. Çalışma alanında katyon değişim kapasitesine (KDK) ait yersel değişim paterni

4.2.9. Toplam azot

Toprakta azot bitkiler için ihtiyaç duyulan en temel besin elementlerinden biridir. Toplam azot miktarı ise toprak verimliliğinin önemli bir göstergesidir. Azot bitkilerin gelişmesini, çiçeklenmesini, büyümesini, meyve oluşumunu ve ürün performansını etkiler (Tagliavini *et al.* 2007; Nesme *et al.* 2009; Kahn *et al.* 2014; Qian *et al.* 2014). Ayrıca, azotlu bileşiklerin, protein ve amino asitler ve karbonhidratların üretiminde aktif bir rolü vardır (Mierowska *et al.* 2002).

Azotun ana kaynağı toprak organik maddesidir. Organik azotla birlikte organik maddenin mineralizasyonu sonucu açığa çıkarılan amonyum ve nitrifikasyonla ortaya çıkan nitrat toplam azotun bileşenlerini oluşturmaktadır. Toprakta azotun miktarı, organik maddece zengin topraklarda çok daha fazladır. Bu nedenle toprakta organik madde döngüsünün aktif olduğu ve birikmesine olanak sağlayan şartların mevcudiyetine göre toplam azot miktarı önem kazanmaktadır. Nemli ve toprak sıcaklığının düşük olduğu bölgelerde mineralizasyon hızının yavaşlaması nedeniyle organik madde birikmektedir. Buna karşılık kurak ve yarı kurak bölgelerde topraktaki organik madde miktarı hızlı parçalanma ve ayrışma süreçlerinden dolayı genellikle düşüktür. Ayrıca, benzer koşullar altında killi toprakların toplam azot miktarları genellikle hafif ve kumlu topraklarınkine oranla daha yüksektir (Galantini *et al.* 2004; Mayes *et al.* 2014) .

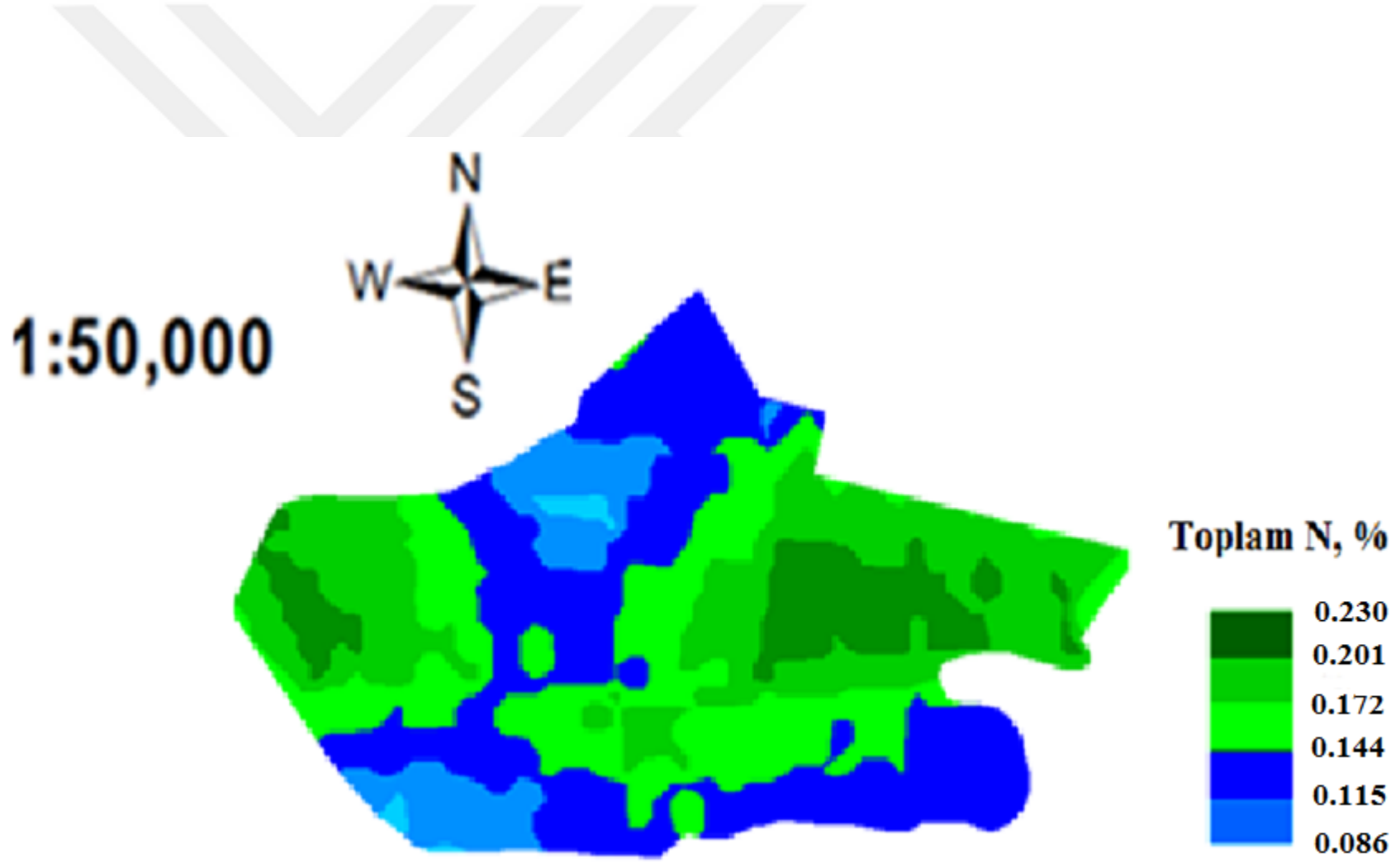
Toprakta toplam azotun ortalama miktarı %0.02 ile %0.5 arasında, bitkide ise %0.5 ile %3 arasında değişmektedir (McIntyre *et al.* 2009). İran'da toprak verimliliğini değerlendirmek için toplam azot bir gösterge olarak kullanılmakta; toplam N miktarının %0.05-0.15 arasında olması durumunda “düşük”, %0.15-0.25 aralığında olması durumunda “orta” ve %0.25'den daha fazla olması durumunda ise azotun “yeterli” olduğu öngörülmektedir. Çalışma alanı topraklarının toplam N miktarları %0.10 ile %3.37 arasında değişmekte olup ortalama %1.38'dir (Çizelge 4.2). Bu durumda, çalışma alanının yaklaşık yarısında (%46) topraklar toplam azot içeriği bakımından “yeterli” miktarın üzerinde toplam N miktarına sahiptir. Bu durum alanın bitkisel yönetimiyle ilgilidir. Çalışma alanı meyve bahçesidir ve bol miktarda bitki artığının

toprağa döngüsü ve çiftlik gübresi kullanımı yüksek organik madde ve dolayısıyla da yüksek toplam N içeriğinin başlıca kaynağıdır.

4.2.9.a. Toplam azotun mesafeye bağı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının toplam azot miktarına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik eksponansiyel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe 4470 m olup diğer incelenen özelliklere göre daha azdır (Çizelge 4.3).

Toplam azotun çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.20'de görölmektedir. Çalışma alanının doğu-batı bandında toplam N miktarı genellikle genel ortalamanın üzerindedir. Çalışma alanının orta-kuzey ve güneybatı dilimde belirli alanlar dışında toplam N miktarı bakımından herhangi bir yetersizlik söz konusu değildir.

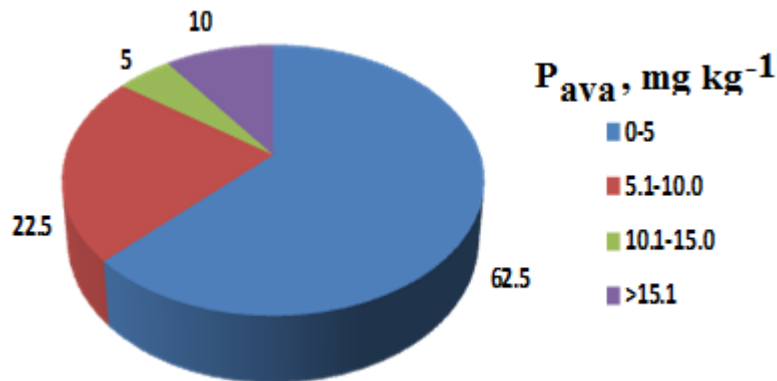


Şekil 4.20. Çalışma alanı topraklarında toplam N miktarına ait yersel değişim paterni

4.2.10. Bitkiye yararlı fosfor (P_{av})

Fosfor, tıpkı azot gibi bitki gelişmesi için en temel besin elementlerinden biridir. Ancak azottan farklı olarak immobil bir elementtir. Her ne kadar toprakta bitkiye elverişli P miktarının belirleyicisi ve ana kaynağı organik madde olsa da kalıntı etkisinden dolayı topraktaki miktarı gübreleme pratiklerine bağlı olarak önemli derecelerde farklılıklar gösterebilmektedir. Genellikle genç topraklarda ve kurak bölgelerde P_{ava} miktarı yüksektir (Dossa *et al.* 2009). Organik madde içeriği bakımından zengin olmayan topraklarda yüksek P varlığı ise genellikle ana materyal kaynaklıdır ve fosfat kayasının varlığı ile ilişkilidir. Toprakta bitkiye yararlı P miktarının 6 mg kg^{-1} 'den az olmaması arzu edilmektedir. Hazelton and Murphy (2007) P_{ava} değeri $5\text{-}10 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında bulunan topraklarda yetiştirilen elma ağacına fosforlu gübre uygulamasının çok olumlu yanıt verdiğini, buna karşılık yararlı P miktarının 15 mg kg^{-1} 'den daha fazla olduğu topraklarda gübrelemeye gereksinim olmadığına dikkat çekmektedirler.

Çalışma alanı topraklarının P_{ava} miktarları 0.2 ile 27.6 arasında değişmekte olup ortalama 5.2 'dir (Çizelge 4.1). Çalışma alanının yaklaşık %70'inde P_{ava} değeri 10 mg kg^{-1} dan daha düşüktür. P_{ava} miktarı bakımından yeterli miktara sahip alan varlığının toplama alan içerisindeki nispi oranı sadece %10'dur (Şekil 4.21).



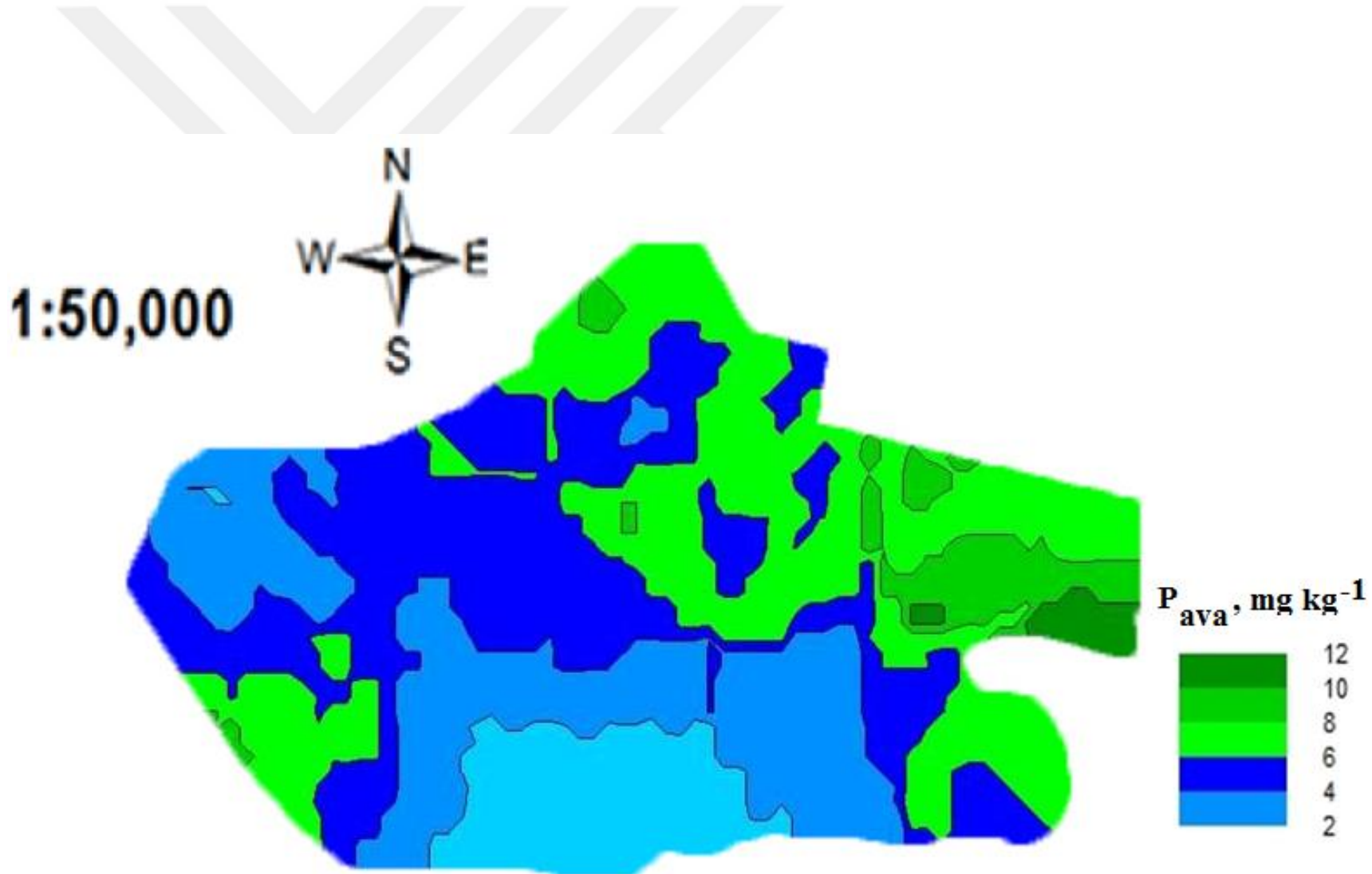
Şekil 4.21. Çalışma alanında toprakta bitkiye yararlı fosforun alansal dağılımı

4.2.10.a. Bitkiye yarayışlı fosforun mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının P_{ava} miktarına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik küresel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe 1.504 m olup çalışma alanında incelenen tüm özellikler arasında en kısa mesafeli olanıdır (Çizelge 4.3). Bu durum beklenen bir durumdur. Toprakta P_{ava} miktarı doğrudan doğruya amenajman uygulamaları ile ilgilidir. Bu nedenle lokal etkisi açıkça görülen ve varyasyon katsayısı %100'ün üzerinde olan bir özellik için etki aralığının en kısa mesafe ile tanımlanmış olması gayet normaldir.

Bitkiye yarayışlı P miktarının çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.22'de görülmektedir. Çalışma alanının doğu, kuzeydoğu, güney batı kesimleri dışında tüm kesimlerinde P_{ava} miktarının bitki gelişmesi için kritik seviyenin 6 mg kg^{-1} altında olduğu görülmektedir. Genellikle kireç taşı, marn ve benzeri materyallerden oluşmuş toprakların toplam fosfor kapsamaları kireçsiz materyallerden oluşmuş toprakların toplam fosfor kapsamalarına göre daha yüksektir. Bunun nedeni kireçli materyallerde bulunan kalsiyum karbonatın orijininin kalsiyum ve fosforca zengin, suda yaşayan canlıların kalıntıları, iskelet ve kabuklarından meydana gelmesidir (Frossard *et al.* 2000; George *et al.* 2003). Çalışma alanının eski göl yatağı üzerinde oluşmuş olması fosfor içeriği bakımından yüksek olmasına neden olmuştur. Fakat çalışma alanı topraklarının kireççe zengin olması yanı sıra yüksek pH değerlerine sahip olması mevcut fosforun bitkiler tarafından alımını güçleştirmektedir.

Fosfor ile Ca ve Mg arasında ters bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca modeller sonucunda oluşturulan tahmin haritaları göz önünde bulundurulduğunda Ca içeriğinin yüksek olduğu yerlerde fosfor içeriğinin düşük, Ca içeriğinin düşük olduğu yerlerde de fosfor içeriğinin yüksek olduğu görülmüştür.

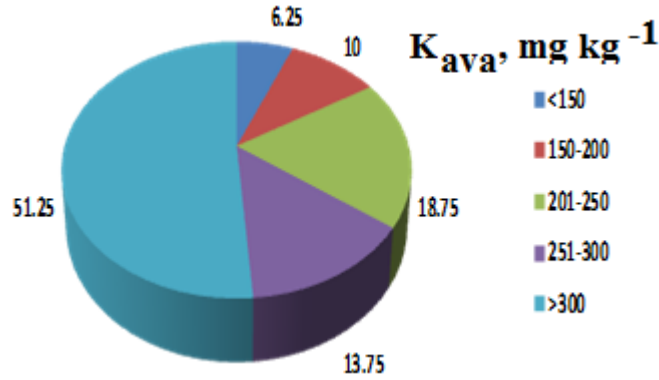


Şekil 4.22. Çalışma alanı topraklarında P_{ava} miktarına ait yersel değişim paterni

4.2.11. Bitkiye yararılı potasyum (K_{av})

Potasyum, azot ve fosfor gibi temel bitki besin elementlerinden biridir. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde ve K içeriği yüksek ana materyal üzerinde oluşmuş topraklarda genellikle bitkinin ihtiyacından daha fazla miktarlarda K bulunmaktadır. Toprakta K'un temel kaynağını mikalar ve peldispatlar (feldispat, ortoklaz, muskovit ve biyotit) oluşturmaktadır, bu nedenle de K miktarı mineralojik kompozisyonun ürünü olarak ortaya çıkmaktadır (Shadfan 1983). Potasyum toprak üst tabakasında (0-15 cm) en fazla bulunan elementlerden biridir. Ancak bu potasyumun bitkiler için en elverişli elementlerden biri olduğu anlamına gelmemektedir, çünkü bitkiye yararılı K miktarı toprağın değiştirilebilir potasyum miktarı tarafından belirlenmektedir (Sarah 2004). Değişebilir K genellikle topraklardaki toplam potasyumun küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Değişebilir K kil minerallerinin, seski oksitlerin ve organik maddenin yüzeylerinde dış çeper kompleksi olarak elektrostatik bir bağla bağlı bulunan potasyum olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak toprakta bulunan potasyumun sadece %0.1-2'si emilebilir potasyumdur (Varju *et al.* 1979; Mircea *et al.* 2013). Bitkiler tarafından kullanılan K miktarının ihtiyaç duyulan azot miktarına eşit olduğu ifade edilmekte (Li *et al.* 2014), ancak bitkilerde potasyum dağılımının azota göre oldukça farklı olduğu belirtilmektedir (Qian *et al.* 2014). Diğer yandan, toprakta potasyum içeren minerallerin ayrışması ve K içeren gübrelerinin sürekli olarak toprağa ilavesiyle toprakta bitkiye yararılı K miktarı erozyon ve aşırı yıkanma olmadıkça sürekli artış göstermektedir (Tromp and Ovaa 1985; Wieland and Wample 1985).

Çalışma alanı topraklarının K_{ava} miktarları 52 mg kg^{-1} ile 1314 mg kg^{-1} arasında değişmekte olup ortalama 388 mg kg^{-1} 'dir (Çizelge 4.1). Çalışma alanının yaklaşık %65'inde K_{ava} değeri 250 mg kg^{-1} dan daha yüksek olup K_{ava} miktarı bakımından yetersiz miktarda K içeren alanın toplam alan içerisindeki nispi payı sadece %6'dır (Şekil 4.23). Toprakta K_{ava} değerinin 201 mg kg^{-1} üzerinde olması "yüksek" 250 mg kg^{-1} dan daha fazla olması ise "çok yüksek" olarak değerlendirilmektedir. Bu durumda çalışma alanı topraklarının hemen hemen tamamına yakını K_{ava} bakımından bitkinin ihtiyacına karşılayabilecek durumdadır.

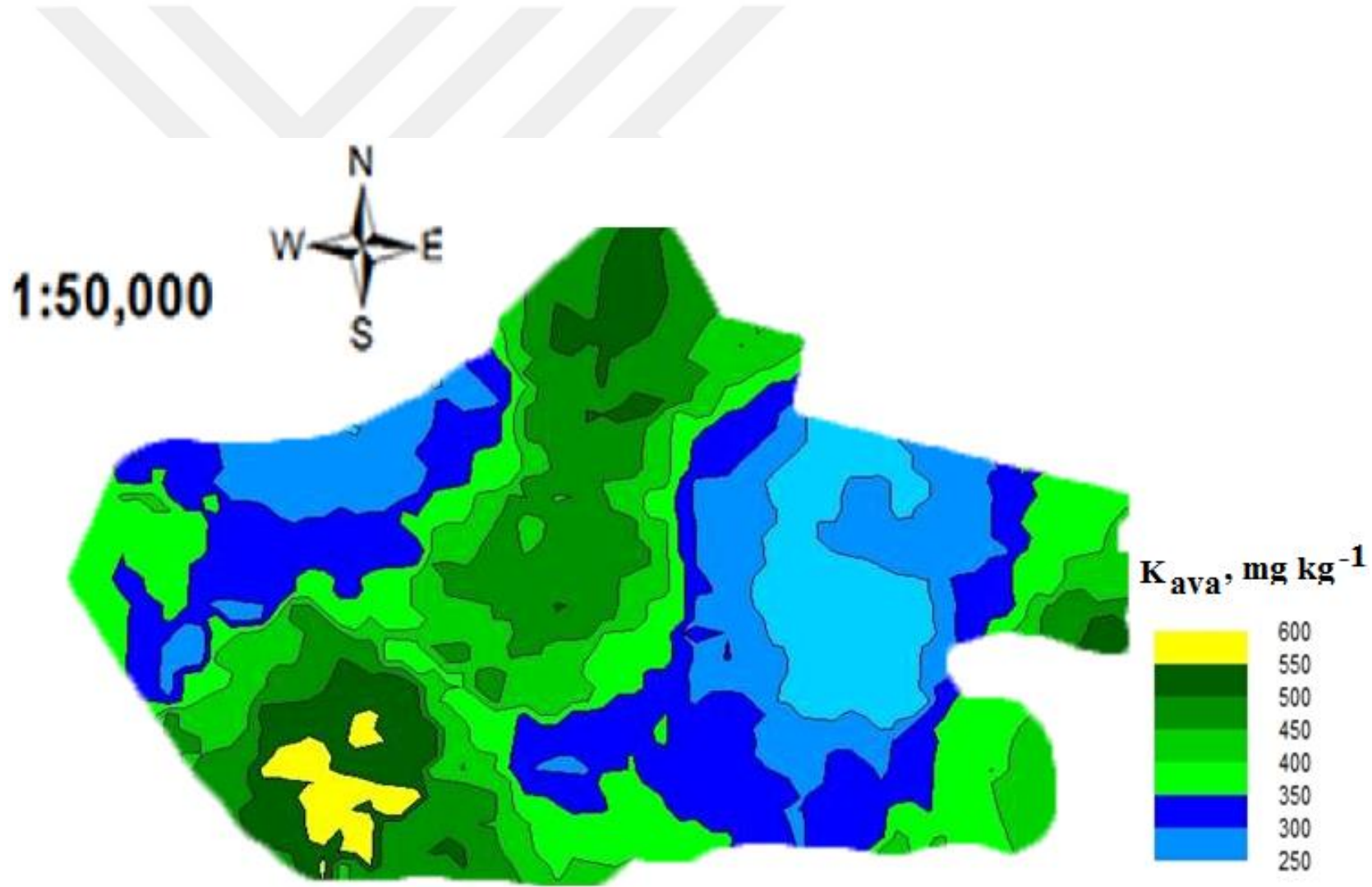


Şekil 4.23. Çalışma alanında toprakta bitkiye yararlı potasyumun alansal dağılımı

4.2.11.a. Bitkiye yararlı potasyumun mesafeye bağlı değişiminin modellenmesi ve haritalanması

Çalışma alanı topraklarının K_{ava} miktarına ait ölçülen değerleri arasında bulunan yapısal varyansın karakterizasyonunda isotropik ekspanseyel semivariogram modeli kullanılmıştır (Çizelge 4.3). Örnek çiftlerinin birbirlerine bağımlı oldukları maksimum mesafe 21.100 m olup çalışma alanında incelenen tüm özellikler arasında pH ile birlikte en fazla mesafeli olanıdır (Çizelge 4.3). Bu durumun tamamen ana materyal kaynaklı olduğu değerlendirilmektedir.

Bitkiye yararlı K miktarının çalışma alanı içerisindeki yersel değişim paternleri Şekil 4.24'de görülmektedir. K_{ava} miktarının çalışma alanının güneybatı kesiminde en yüksek değerlere ulaştığı ve güneybatı-kuzeydoğu istikametinde önemli miktarlarda birikim sergilediği görülmektedir. Ayrıca doğu diliminde de K_{ava} miktarının 500 mg kg^{-1} 'in üzerinde bulunduğu görülmektedir. Çalışma alanında K_{ava} bakımında en düşük değerlerin sadece çalışma alanının doğu diliminin merkezinde sınırlı bir alanda lokalize olduğu ancak bu bölgede bile K_{ava} miktarının 250 mg kg^{-1} civarında olduğu açık olarak görülmektedir. Sonuç itibariyle, çalışma alanının tamamına yakınında K_{ava} bakımında bitki besleme açısından herhangi bir yetersizlik söz konusu değildir.



Şekil 4.24. Çalışma alanı topraklarında K_{ava} miktarına ait yersel değişim patemi

5. SONUÇ

Toprak arazide süreklilik gösteren ve yersel değişkenliği tanımlanabilen doğal bir kaynaktır. Sürdürülebilir toprak yönetimi için alana özgü etkin toprak yönetim stratejilerinin geliştirilmesi temel bir ihtiyaçtır. Bu nedenle doğal veya antropojenik faktörler etkisiyle yapısal özellikleri bakımından farklılık gösteren toprakların belli bir alan içerisindeki değişim paternlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Zira toprakların üretim potansiyellerinin, agronomik açıdan sınırlayıcı faktörlerinin ve belirli bir kullanım altında gösterebilecekleri davranışların tahmin edilmesinde toprak özelliklerindeki yersel değişkenliğin karakterizasyonu şarttır.

Derinkale havzası (Urumia-Iran) topraklarının bitkisel üretim açısından önemli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yersel değişim paternlerinin belirlenerek, toprak verimliliği ve yönetimi açısından kullanılabilir georeferanslı haritalar üretmek amacıyla yürütülen bu çalışmada, çalışma alanı topraklarının;

- genellikle orta bünyeli “siltli killi tın” tekstür sınıfında yer aldığı,
- organik madde içeriklerinin yüksek olduğu (ortalama %3.56),
- toprak reaksiyonunun orta-bazik (pH değişim aralığı=7.3 ile 8.7) olduğu,
- çok kireçli (ortalama CaCO_3 içeriği=%19.1), tuzsuz (ortalama $\text{EC}=0.83 \text{ dS m}^{-1}$) ve alkalilik probleminin (ortalama $\text{ESP}=\%4.3$) bulunmadığı,
- toplam N içeriklerinin oldukça yüksek (ortalama %1.38), bitkiye yararlı fosfor miktarının orta (ortalama 5.2 mg kg^{-1}) ve bitkiye yararlı potasyum miktarının ise oldukça yüksek (ortalama 388 mg kg^{-1}) olduğu,
- incelenen özellikler arasında varyasyon katsayısı en yüksek olan toprak özelliğinin değişebilir sodyum ($\text{CV}=\%130$), en düşük olan toprak özelliğinin ise pH ($\text{CV}=\%4$) olduğu,
- toprakların kil içeriği, silt içeriği, organik madde içeriği, kireç içeriği, elektriksel iletkenlik, katyon değişim kapasitesi, değişebilir Ca ve Mg’un varyasyon katsayısının %50’nin altında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Diğer yandan; çalışma alanı topraklarının incelenen fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait yapısal varyans isotropik küresel veya isotropik eksponansiyel modeller kullanılarak tanımlanmış,

- incelenen toprak özellikleri arasında kil içeriği, değişebilir Ca^{++} , Na^+ ve K^+ , ESP, SAR ve P_{ava} küresel, silt içeriği, kum içeriği, OM, pH, $CaCO_3$, EC, değişebilir Mg^{++} , KDK, toplam N ve K_{ava} ise eksponansiyel modelle karakterize edilmiş,
- çalışma alanı içerisinde etki aralığının yani örnek çiftlerinin birbirleri ile ilişkili sonuç verebilecekleri maksimum mesafenin en yüksek olduğu toprak özellikleri pH ve K_{ava} (21100 m), en düşük olduğu toprak özelliği ise P_{ava} (1504 m) olarak belirlenmiş ve
- yapısal varyansın toplam varyans içerisindeki payını ifade eden $[1 - C_0/C_0+C]$ oransal değeri incelenen toprak özelliklerinin tamamında %50'nin üzerinde bulunmuştur.

Çalışma alanında incelenen toprak özelliklerinin yersel değişim paternleri en uygun semivariogram modeli ve bu modele ait parametreler kullanılarak alansal Kriging yöntemleriyle hazırlanmış ve çalışma alanı topraklarında;

- kil içeriklerinin çalışma alanının batı kesiminde önemli düzeyde bir artış gösterdiği ve kil değişim paterninin akarsu taşınım yönünde oldukça belirgin olarak ortaya çıktığı, kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda silt içeriğinin %30'un altına düştüğü ve silt içeriğinin en yüksek olduğu alanların ise çalışma alanının doğusu ve kuzey batısında yer aldığı, kum içeriğinin ise çalışma alanının orta kuzey-güney bandında en yüksek değerlere ulaştığı ve söz konusu bölgede hem kil hem de silt içeriğinin en düşük değerlerde kaldığı,
- organik maddenin çalışma alanının özellikle kuzey batı-güneydoğu diagonal ekseninde yoğunlaştığı ve söz konusu kesimde organik madde miktarının %3 veya daha fazla olduğu,
- toprak pH'sının çalışma alanının batı ve orta güney dilimlerinde yer yer 8.0'in altına düştüğü ancak çalışma alanının yaklaşık %90'ında 7.9'dan daha büyük olduğu,

- kireç içeriğinin çalışma alanının orta kesiminde kuzey-güney bandında %20 den daha az ve yer yer %10'un altına düştüğü, doğu ve batı kesimlerinde ise %20 nin üzerinde ve özellikle uzakdoğu diliminde %30'dan daha fazla olduğu,
- elektriksel iletkenliğin çalışma alanının kuzeybatı kesimi dışında geriye kalan alanın tamamında 1.0 dS m^{-1} 'nin altında olduğu,
- değişebilir Ca^{++} 'un çalışma alanının güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaştığı, değişebilir Mg^{++} miktarının ise çalışma alanının güneydoğu kesiminde en yüksek değerlere ulaştığı, iç ve güneybatı kesimlerinde 5 cmol kg^{-1} 'in altına düştüğü, değişebilir Na^+ 'un çalışma alanının kuzeybatı diliminde lokalize olduğu ve azalan dalga hareketiyle iç kesimlere doğru hızlı bir şekilde azaldığı, değişebilir K^+ 'un ise çalışma alanının güneybatı kesiminde $0.40 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'in üzerinde ve diğer kesimlerinde $0.25 \text{ cmol kg}^{-1}$ 'in altında değerler sergilediği,
- hem değişebilir Na yüzdesi (ESP) hem de sodyum adsorpsiyon oranının (SAR) çalışma alanının kuzeybatı kesiminde yoğunlaştığı, bu noktadan başlayarak iç kesimlere doğru artan azalışlar şeklinde hızlıca düştüğü ve çalışma alanının batı, doğu ve güneydoğu kesimlerinde minimize olduğu,
- kation değişim kapasitesinin (KDK) çalışma alanının kuzey ve güneybatı kesimlerinde, kil içeriğinin düşük olduğu alanlarda en düşük değerleri ürettiği,
- toplam azot miktarının çalışma alanının doğu-batı bandında genellikle ortalamanın üzerinde seyrettiği,
- bitkiye yararlı P miktarının çalışma alanının doğu, kuzeydoğu, güney batı kesimleri dışında tüm kesimlerinde P_{ava} miktarının bitki gelişmesi için kritik seviyenin 6 mg kg^{-1} 'in altında olduğu,
- bitkiye yararlı K miktarının çalışma alanının güneybatı kesiminde en yüksek değerlere ulaştığı ve güneybatı-kuzeydoğu istikametinde önemli miktarlarda birikim sergilediği belirlenmiştir.

Çalışma alanı topraklarının incelenen özelliklerine ait yersel değişim paternlerinin birbirleriyle uyum içerisinde olduğu, bu özelliklerden;

- toprakların kil içeriklerinin yüksek olduğu alanlarda silt ve kum içeriklerinin düştüğü,
- organik maddenin yersel değişim paterni ile katyon değişim kapasitesi ve toplam azot yersel değişim paternlerinin oldukça benzer değişimler sergilediği, özellikle kum içeriğinin yüksek olduğu kesimlerde organik madde miktarının genellikle düşük olduğu,
- kireç içeriği yersel değişim paterni ile toprak reaksiyonu değişim paternleri arasında önemli benzerliklerin olduğu,
- elektriksel iletkenlik yersel değişim haritası ile değişebilir katyonlardan özellikle Ca ve Mg yersel değişim haritaları arasında yüksek uyumlulukların bulunduğu,
- elektriksel iletkenlik yersel değişim haritası ile değişebilir sodyum yüzdesi ve sodyum adsorpsiyon oranı yersel değişim haritalarının bire bir örtüştüğü belirlenmiştir.

Çalışma alanının arazi kullanım şekli (elma bahçesi) ve uygulanan toprak ve bitki yönetim pratikleri bakımından son derece benzer olduğu, özellikle çalışma alanında hemen hemen her yıl düzenli olarak çiftlik gübresi takviyesinin yapılmasının doğal bir sonucu olarak alanda organik madde bakımından herhangi bir yetersizliğin mevcut olmadığı, bu nedenle çalışma alanının orta-kuzey ve güneybatı dilimde belirli alanlar dışında toplam N miktarının yeterli olduğu, bitkiye yararlı P bakımından çalışma alanının çok büyük bir kısmında bitki gelişmesi için kritik seviyenin (6 mg kg^{-1}) altında P_{ava} varlığının olduğu, buna karşılık çalışma alanının tamamına yakınında K_{ava} bakımında bitki besleme açısından herhangi bir yetersizliğin söz konusu olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak; bu doktora çalışmasında çıktı olarak sunulan Derinkale havzası topraklarının bitkisel üretim açısından önemli bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait georeferanslı yersel değişim haritaları, çalışma havzası topraklarının sürdürülebilir kullanım ve planlanmasına yönelik yürütülecek çalışmalar ve geliştirilecek stratejiler için önemli bir referans niteliğindedir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, A.S. 2014. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research* 144:150-155.
- Akbaş, F. 2004. Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Geleneksel ve Jeostatiksel Yöntemlerle Belirlenmesi Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü:112s.
- Akıncı, Ş. 2011. Hüyük Asitler, Bitki Büyümesi ve Besleyici Alımı. Derleme/Review. Marmara Üniversitesi. Fen Bilimleri Dergisi, 23(1) (2011) 46-56.
- Anctil, F., R. Mathieu, L.E. Parent, A.A. Viau, M. Sbih, and M. Hessami. 2002. Geostatistics of near-surface moisture in bare cultivated organic soils. *Journal of Hydrology* 260.
- Ardahanlıoğlu, O., T. Oztaş, S. Evren, H. Yılmaz, and Z.N. Yıldırım. 2002. Spatial Variability of Exchangeable Sodium, Electrical Conductivity, Soil pH and Boron Content in Salt- and Sodium-Affected Areas of the Iğdir Plain (Turkey). *Journal of Arid Environments*:495–503.
- Assadian., Esparza., Fenn., Ali., Miyamoto., Figueroa., and Warrick. 1998. Spatial variability of heavy metal in irrigated alfalfa fields in the upper Rio Grande River Basin. *Agricultural Water Management* is currently edited by B.E. Clothier, W. Dierickx, Oster and D. Wichelns 36:.
- Başkan, O. 2004. Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel Özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması. Doktora Tezi, A.U, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bechini. Stefano Bocchi, T.M. 2003. Spatial interpolation of soil physical properties for irrigation planning . A simulation study in northern Italy. *Journal of European Agronomy* 19 (1 14).
- Bohling, Geoff , 2005. Introduction to Geostatistics and Variogram Analysis. . Kansas Geological Survey 864-2093.
- Bouksila, F., A. Bahri, R. Berndtsson, M. Persson, J. Rozema, and S.E.A.T.M. Van der Zee. 2013. Assessment of soil salinization risks under irrigation with brackish water in semiarid Tunisia. *Environmental and Experimental Botany* 92:176-185.
- Brady, N.C. 1990. Geographic Information Systems. The Nature And Properties of Soils. Tenth ed. Macmillan Publishing Company. Chemistry Department, University of California, Davis Ca 95616, Usa And Office of Environmental Health And Safety, University of California, Riverside, Ca 92521, Usa. Pp 759-788.
- Brodsky, L., Vanek V., Borůvka L., and Szakova J. 2004. Consistency of Spatial Dependence of Soil Chemical Properties in Two fields: a Geostatistical Study. Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic. *PLANT SOIL ENVIRON.* 50, (11):507–512.
- Bronick, C.J., and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124:3-22.
- Buchter., PO Aina., AS Azari., and DR Nielsen. 1991. Soil spatial variability along transects. *Soil Technology* 4.

- Burgess, T.M., and R Webster. 1980a. Optimal Interpolation and is Arithmic Mapping, The Semi-Variogram and Punctual Kriging of Soil Properties. *J. Soil Sci.* 31 315-31.
- Burgess, T.M., and R. Webster. 1980. Optimal interpolation and Isarithmic mapping of soil properties. I- The Semi- Variogram and Punctual Kriging. *Soil Science Journal* 31:315-331.
- Burrough, P.A. 1991. Sampling Designs for Quantifying Map Unit Composition. p 89-127. In Mausbach, M.J. and L.P. Wilding (eds) *Spatial variability of soils and landforms* .SSSA special publication number 28 . Soil science society of America, inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Cambardella, C.A., and Karlen D.L. 1999. Spatial Analysis of Soil Fertility Parameters. *Precis. Agr* 1:5–14.
- Caravaca, F., A. Lax, and J. Albaladejo. 1999. Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils. *Geoderma* 93:161-176.
- Cassel., O Wendroth., and D.RNielsen. 2000. Assessing spatial variability In an agricultural experiment station field: Opportunities arising from spatial dependence. *Agronomy Journal* 92.
- Castriagnanò, A., M. Maiorana, and Fornaro.. 2003. Using Regionalised Variables to assess Field-scale Spatiotemporal Variability of Soil Impedance for different Tillage Management. *Biosystems Engineering* 85 . (3): 381–392.
- Dexter, A.R., Richard G., Arrouays D., Czyz E.A., Joliver C., and Duval O. 2008. Complexed Organic Matter Controls Soil Physical Properties. *Geoderma* 144:620–627.
- Di, H.J., B.B. Trangmar, and R.A. Kemp. 1989. Use of Geostatistics in Designing Sapmling Strategies for Soil Survey. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1163-1167.
- Dikici., M. 2001. The Effect of Elastic Distortions Produced by Dislocation Loops in an Inhomogeneous and Anisotropic Medium on the Rotation Angles of Moire Fringes. *physica status solid* 228:629–638.
- Dontsova, K., and Norton L.D. 2001. Effects of Exchangeable Ca:Mg Ratio on Soil ClayFlocculation, Infiltration and Erosion. *Sustaining the Global Farm. SelectedPapers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting atPurdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion ResearchLaboratory.*:580-585.
- Dossa, E.L., M. Khouma, I. Diedhiou, M. Sene, F. Kizito, A.N. Badiane, S.A.N. Samba, and R.P. Dick. 2009. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization potential of semiarid Sahelian soils amended with native shrub residues. *Geoderma* 148:251-260.
- Emadi, M., M. Baghernejad, M. Emadi, and M. Maftoun. 2008a. Assessment of Some Soil Properties by Spatial Variability In Saline And Sodic Affected Soils In Arsanjan Plain, Fars Province, Southern Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11 238-243.
- Emadi, M., Baghernejad M., Emadi M., and Maftoun M. 2008b. Assessment of Some Soil Properties by Spatial Variability In Saline And Sodic Affected Soils In Arsanjan Plain, Fars Province, Southern Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11 (2):238-243.

- Faritfeh, J., Farshad A., George R.J., . 2005. Assessing Salt-Affected Soils Using Remote Sensing, Solute Modelling, and Geophysics. *Geoderma* 130(20 06) 191-206.
- Fernndez-Ugalde, O., I. Virto, P. Bescansa, M.J. Imaz, A. Enrique, and D.L. Karlen. 2009. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil and Tillage Research* 106:29-35.
- Franklin, K., B., and Mills. 2003. Multi-scale variation in spatial heterogeneity for microbial community structure in an eastern Virginia agricultural Held. *FEMS Microbiology Ecology* 44: 335-346.
- Frossard, E., L.M. Condrón, A. Oberson, S. Sinaj, and J.C. Fardean. 2000. Processes Governing Phosphorus Availability in Temperate Soils. *Journal of Environmental Quality* 29:15-23.
- Galantini, J.A., N. Senesi, G. Brunetti, and R. Rosell. 2004. Influence of texture on organic matter distribution and quality and nitrogen and sulphur status in semiarid Pampean grassland soils of Argentina. *Geoderma* 123:143-152.
- Galer, M., H. Arslan, B. Cemek, and S. Erayahin. 2014. Long-term changes in spatial variation of soil electrical conductivity and exchangeable sodium percentage in irrigated mesic ustifluvents. *Agricultural Water Management* 135:1-8.
- Gang, K.Jishuang 2000. The study on field soil sampling strategies and interpolation (76), pp.
- Gee, G.W., and Boudier. 1986. Particle Size Analysis. In: A. Clute (Ed.) *Methods of Soil Analysis. Part I Agronomy No: 9* Am Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- George, T.S., A.E. Richardson, P.A. Hadobas, and R.J. Simpson. 2003. Rhizosphere Limitations to The Efficiency of Phytase-Phtat Interactions. *Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium: 48-49.*
- Gimeno-Garcia, and Rubio. 2004. Spatial patterns of soil temperatures during experimental fires. *Geoderma* 118:17-38.
- Goderya, F.S. 1998. Field Scale Variations In Soils Properties for Spatially Variable Control:A Review. *Journal Of Soil Contamination* 7:243-264.
- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical Tools for Characterizing the Spatial Variability of Microbiological and Physico-Chemical Soil Properties. *Biology and Fertility of Soils* 27:315-334.
- Günel, H., F. Akbaş, E. Özgöz, A. Ünlükara, H. Yıldız, A. Kurunç, M. Çetin, and S. Erşahin. 2008. Kazova'da Sürdürülebilir Tarımsal Üretim için Gerekli Güncel Veri Tabanının Oluşturulması. *Tübitak Projesi 105O607.*
- Hazelton, P., and B. Murphy. 2007. *Interpreting Soil Test Results (What Do All the Numbers Mean?)* CSIRO PUBLISHING
- He, J., H. Li, R.G. Rasaily, Q. Wang, G. Cai, Y. Su, X. Qiao, and L. Liu. 2014. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat, maize cropping system in North China Plain. *Soil and Tillage Research* 113:48-54.
- Hendershot, W.H., L. Lalonde, and M. Duquette. 1993. Soil Reaction and Method of Exchangeable Acidity. In: Catter, M. R. (Ed). *Sampling and Method of Analysis. Can. Soc. Soil Science, Lewis publisher London. Pp:141 – 145.*
- Hepper, E. N., Buschiazzo, D. E., Hevia, G. G., Urioste, A., and Anton, L. 2006. Clay mineralogy, cation exchange capacity and specific surface area of loess soils with different volcanic ash contents. *Geoderma* 135:216-223.

- Hergert, G.W., R.B. Ferguson, C.A. Shapiro, E.J. Penas, and v.A. F.B. 1995. Classical Statistical And Geostatistical Analysis of Soil Nitrate-N Spatial Variability, p. 175-187, In P. C. Robert, et al. eds. Site Specific Management For Agricultural Systems. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Herrero, J., A. Netthisinghe, W.H. Hudnall, and O. PÃ©rez-Coveta. 2014. Electromagnetic induction as a basis for soil salinity monitoring within a Mediterranean irrigation district. *Journal of Hydrology* 405:427-438.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R., ve Whisler, F. D., 2005. Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soil Sci. Soc. Am. J: 69: 1338-1350.
- Isaaks, E.H., and Srivastava. 1989. *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, NewYork:p. 561.
- Iwai, C.B., A.N. Oo, and B. Topark-ngarm. 2013. Soil property and microbial activity in natural salt affected soils in an alternating wet dry tropical climate. *Geoderma* 190:144-152.
- Jakson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey U.S.A.
- Jiang, Y., D. Yuan, and C. Zhang. 2006. Impact of Land-Use Change on Soil properties in a Typical Karst Agricultural Region of Southwest China. *Environ Geol.* 50:911-918.
- Jordan, M.M., Pedreno J. N., Sanchez E. G., Mateu J., Juan P.,. 2004. Spatial Dynamics of Soil Salinity Under Arid and Semi-Arid Conditions: Geological and Environmental Implications. *Environmental Geology* 45; 448-456 SpringerVerlag
- Journel, A., G., and Huijbregts. 1978. *Mining Geostatistics*, Breau De Recherches Gcologiques Hi Miners France, Academic Pres Harcoult Brace & Company, Publishers London, San Diego, New York, Boston, Sidney, Toronto
- Kahn, B.F., M. Bertelsen, and L. Sarensen. 2014. Optimising quality-parameters of apple cv. ~Pigeona by adjustment of nitrogen. *Scientia Horticulturae* 129:369-375.
- Kavianpoor, H., Ouri A.E., Jeloudar Z.J., Kavian A. 2012. Spatial Variability of Some Chemical and Physical Soil Properties in Nesho Mountainous Rangelands. *American Journal of Environmental Engineering* 2(1):34-44.
- Kuzyakova, , V. A. Romanenkov, and Ya. V. Kuzyakov. 2001. *Geostatistics in Soil Agrochemical Studies*
- Lark, R.M., and Ferguson. 2004. Mapping the conditional probability of deficiency or excess of soil phosphorous, a comparison of ordinary indicator kriging and disjunctivekriging. *Geoderma* 118.
- Lark, R.M and Ferguson. 2004. Mapping risk of soil nutrient deficiency or excess by disjunctive and indicator kriging. *Geoderma* 1:39-53.
- Leytem, A.B., and Mikkelsen. 2005. The Nature of Phosphorus in Calcareous Soils. *Better Crops* 89 (2005, No. 2)
- Li, D.-C., B. Velde, F.-M. Li, G.-L. Zhang, M.-S. Zhao, and L.-M. Huang. 2014. Impact of Long-Term Alfalfa Cropping on Soil Potassium Content and Clay Minerals in a Semi-Arid Loess Soil in China. *Pedosphere* 21:522-531.

- Liu, X., Shi C., Liang W., Jiang Y., Jiang D., Steinberger Y. 2007. Spatial Variability of Soil Properties Related to Salinity and Alkalinity in Meliorated Grasslands of Horqin Sand Land, Northeast China. *Agricultural Journals* 2 (5):564-569.
- Liu, Y. Qin J., Guo Z., Wang T., Ao Y. 2012. Spatial Variability of Soil Quality and Asparagus Spear Yield in an Area of Plastic-reenhouse Cultivation on Chongming Island, China. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(15):2262-2272.
- Lupwayi, G.W.C., J. T. O'Donovan, K. N. Harker, T. K. Turkington, W. A. Rice. 2014. Soil microbiological properties during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science*, 2004, 84(4): 411-419, 10.4141/S03-083.
- Mahinakbarzadch, M., S., Simkins, and P.L.M. Veneman. 1991. Spatial variability of organic matter content in selected Massachusetts map units. In M.J. Mausbach, and LP. Wilding (ed) Proc.
- Masto, R.E., P.K. Chhonkar, D. Singh, and A.K. Patra. 2007. Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118:130-142.
- Mayes, M., E. Marin-Spiotta, L. Szymanski, M. Akif ErdoÄŸan, M. OzdoÄŸan, and M. Clayton. 2014. Soil type mediates effects of land use on soil carbon and nitrogen in the Konya Basin, Turkey. *Geoderma* 232â€“234:517-527.
- Mc Brathney, A.B., and R. Webster. 1983. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties V: Co-regionalization and multiple sampling strategy. *Journal of Soil Science* 34:137-162.
- McBratney, A.B., I.O.A. Odeh, T.F.A. Bishop, M.S. Dunbar, and T.M. Shatar. 2000. An Overview of Pedometric Techniques for Use in Soil Survey. *Geoderma* 97:293-327.
- McIntyre, R.E.S., M.A. Adams, and P.F. Grierson. 2009. Nitrogen mineralization potential in rewetted soils from a semi-arid stream landscape, north-west Australia. *Journal of Arid Environments* 73:48-54.
- Mierowska, A., N. Keutgen, M. Huysamer, and V. Smith. 2002. Photosynthetic acclimation of apple spur leaves to summer-pruning. *Scientia Horticulturae* 92:9-27.
- Mircea, M., I. Leonard, M. Doru, and A.M. Dodocioiu. 2013. Clay minerals and potassium regime of some soils from Romania. *Current Opinion in Biotechnology* 24, Supplement 1:S141-S142.
- Morgan., MacGuidwi., and Binning. 2002. Population dynamics and distribution of root lesion nematode *Agronomy Journal*. in press.
- Mulla, D.J., and A.B. McBratney. 2000. Soil Spatial Variability. Chapter 9, p. pp. A321-A352. Nelson, In M. E. Sumner, ed. *Handbooh of Soil Science*. CRC Press.
- Namr. R Mrabet. 2004. Influence of agricultural management on chemical quality of a clay soil of semi-arid Morocco. *Journal of African Earth Sciences*.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommer. . 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. p.539-579. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc.Agron. Madison, WI.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. In *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Page, AL., Miller, R.H. and

- Keeney, D.R. (eds). p.181-197. *Agronomy* No:9ASA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Nesme, T., F.o. Lescourret, S.p. Bellon, and R. Habib. 2009. A modelling approach to explore nitrogen fertilisation practices of growers and their consequences in apple orchards. *Agricultural Systems* 99:76-85.
- Olea, R.A. 1982. Optimization of the High Plains aquifer observation network. Kansas Geological Survey Groundwater Series Report
- Olsen, S.R., Cole, C. V., Watanable, F. S. Ve Dean, I. A.,. 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction With Sodium Bicarbonate. USDA, Circ., 939, Washington, D.C.
- Oudraogo, E., A. Mando, L. Brussaard, and L. Stroosnijder. 2007. Tillage and fertility management effects on soil organic matter and sorghum yield in semi-arid West Africa. *Soil and Tillage Research* 94:64-74.
- Özgöz. E., Akbaş., F., Çetin. M., Ersahin, S., GünaL H. 2007. Spatial Variabilities of Soil Physical Properties as Affected by Different Tillage Systems. *New Zealand Journal of Hort.* 35.1-13.
- .Öztaş, T. 1995.Özgöz vd 2007 Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı.Türkiye Toprak İlmi Derneği. . İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu 1:271-280.
- Paz-Gonzalez, A., S.R. Vieira, and M. Taboada Castro. 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon. *Geoderma* 97:273-292.
- Pedreno, J.N., Jordan M.M., Pastor I.M., Gomez I., Juan P., Mateu J. 2007. Estimation Of Soil Salinity In Semi-Arid Land Using A Geostatistical Model Land Degrad Develop. *Wiley InterScience* 18::339–353.
- Qian, X., J. Gu, W. Sun, Y.-D. Li, Q.-X. Fu, X.-J. Wang, and H. Gao. 2014. Changes in the soil nutrient levels, enzyme activities, microbial community function, and structure during apple orchard maturation. *Applied Soil Ecology* 77:18-25.
- Quiroga, A., D. Funaro, E. Noellemeyer, and N. Peinemann. 2006. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research* 90:63-68.
- Robertson, G.P., and D.W. Freckman. 1995. The UzaysalDistribution of Nematode Ttrophic Groups Across a Cultivated Ecosystem *Ecology* 76:1425-1432.
- Sarah, P. 2004. Soil sodium and potassium adsorption ratio along a Mediterranean arid transect. *Journal of Arid Environments* 59:731-741.
- Shadfan, H. 1983. Clay minerals and potassium status in some soils of Jordan. *Geoderma* 31:41-56.
- Shuster WD, Subler S, McCoy EL. 2001. Deep-burrowing earthworm additions changed the distribution of soil organic carbon in a chisel-tilled soil. *Soil Biol. Biochem* 33:983-996.
- Srinivasarao, C., R. Lal, S. Kundu, M.B.B.P. Babu, B. Venkateswarlu, and A.K. Singh. 2014. Soil carbon sequestration in rainfed production systems in the semiarid tropics of India. *Science of The Total Environment* 487:587-603.
- Stark, C., L. Condon, A. Stewart, D.H.J. , O., and M. Callaghan. 2004. Small-scale spatial variabilityof selected soil biological properties. *Soil Biol Biochem Soil Biol Biochem*.

- Suarez, D.L. 1995. Carbonate Chemistry in Computer Programs and Application to Soil Chemistry. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy S: 677.
- Sun, B., S. Zhou, and Q. Zhao. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma* 115:85-99.
- Tagliavini, M., G. Tonon, F. Scandellari, A. Quiñones, S. Palmieri, G. Menarbin, P. Gioacchini, and A. Masia. 2007. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118:191-200.
- Tan, K.H., and Dowling. 1984. Effect of Organic Matter on CEC Due to Permanent and Variable Charges in Selected Temperate Region Soils. *Geoderma* 32:89–101.
- Tercan, A.E., C. Saraç, ve 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel yöntemler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 48.
- Thomas, G.W. 1982 Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (ed) 2nd edition. S.S.S. of America Inc. Publisher, Madison, Wisconsin Pp159-164
- Trangmar, B.B., R.S. Yost, M.K. Wade, G. Uehara, and M. Sudjadi. 1987. Spatial Variation of Soil Properties and Rice Yield in Recently Cleared Land. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:668-674.
- Trangmar, B. B., Yost, R. S. ve Uehara, G. 1985. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. *Adv. Agron* 38:45–94.
- Triantafyllis, J., and S.M. Lesch. 2005. Mapping clay content variation using electromagnetic induction techniques. *Comput. Electron. Agric* 46:203–237.
- Tromp, J., and J.C. Ova. 1985. Response of Young Apple Trees to Time of Nitrogen Fertilization with Respect to the Nitrogen, Potassium, and Calcium Levels in Xylem Sap, New Growth, and the Tree as a Whole. *Journal of Plant Physiology* 119:301-309.
- USSalinityLabStaff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. *Agricultural Handbook* No. 60.
- Van Es, H.M., and Cassel. 1989. Application of regionalized variable theory to large-plot field experiments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1178-1183.
- Varju, E.M., P. Stefanovits, and M.M.M.a.V.C. Farmer. 1979. Clay Mineral Composition and Potassium Status of Some Typical Hungarian Soils, p. 349-358 *Developments in Sedimentology, Vol. Volume 27.* Elsevier.
- Vieira, S.R., D.R. Nielsen, and J.W. Biggar. 1981. Spatial Variability of Field-Measured Infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:1040-1048.
- Wieland, W.F., and R.L. Wample. 1985. Root growth, water relations and mineral uptake of young 'Delicious' apple trees treated with soil- and stem-applied paclobutrazol. *Scientia Horticulturae* 26:129-137.
- Xu Xia¹, Cheng Xiaoli², Zhou Yan¹, Luo Yiqi², Ruan Honghua^{1,*} and Wang Jiashe³. 2010. Variation of Soil Labile Organic Carbon Pools along an Elevational Gradient in the Wuyi Mountains, China
- Xuwen, H., Sidmore. E.L, and Tibke. 2001. Spatial variability of Soil properties along a transect of CRS and Continuously Cropped Land. *Sustainable Global Farm*:641-647.

- Yang, F., Zhang G., Yin X., Liu Z. 2011. Field-Scale Spatial Variation of Saline-Sodic Soil and Its Relation with Environmental Factors in Western ongnen Plain of China. *nternational Journal of Environmental Research and Public Health* ISSN1660-4601.
- Yin, C.H., G. Feng, F. Zhang, C.Y. Tian, and C. Tang. 2013. Enrichment of soil fertility and salinity by tamarisk in saline soils on the northern edge of the Taklamakan Desert. *Agricultural Water Management* 97:1978-1986.
- Zhang CS, McGrath D. 2004. Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods. *geoderma* 119:261–275.



ÖZGEÇMİŞ

Ali Sheikhi POORPAK, 1965 yılında Urumiye (İran)'de doğdu. İlkokulu Kukiya köyünde, orta okul ve liseyi Urimia'da bitirdi. Lisans öğrenimini 1990 yılında Tebriz Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Coğrafya Bölümünde, Yüksek Lisansını 1995 yılında Tahran Şehit Beheşti Üniversitesi Yer Bilimleri Ana Bilim dalında tamamladı. Yaklaşık 25 yıldan beri Urumia il düzeyinde farklı liselerde öğretmenlik yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

