

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**GÖKHÖYÜK TARIM İŞLETMESİNDE YAYGIN TOPRAK SERİLERİNDE
BAZI KALİTE GÖSTERGELERİNİN UZAYSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

Mustafa SAĞLAM

TOPRAK ANABİLİM DALI

**ANKARA
2008**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

GÖKHÖYÜK TARIM İŞLETMESİNDE YAYGIN TOPRAK SERİLERİNDE BAZI KALİTE GÖSTERGELERİNİN UZAYSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Mustafa SAĞLAM

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK

Bu çalışma; bazı kalite göstergelerinin belirlenmesi ve bunların uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemler ile analiz edilerek aralarındaki uzaysal ilişkinin ortaya konulması için Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesi topraklarında yürütülmüştür. Bu şekilde çiftlik topraklarının daha verimli ve daha emniyetli kullanımına imkan sağlayacak veriler elde edilerek bölge tarımına katkıda bulunulması düşünülmüştür. Yaklaşık 1750 ha alanda 0-20 cm derinlikten alınan 298 adet toprak örneğinde belirlenen fiziksel (% kil, % silt, % kum, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği) ve kimyasal (pH, EC, toplam organik C) kalite göstergeleri analiz edilmiştir. Arazi üzerine yerleştirilen 500x500m'lik ızgaralarla toplam 74 poligon örnek noktası belirlenmiştir. Bu poligon noktaları arasında her 5, 15, 35, 65, 105, 215, 295, 395 m de bir örnek almak için 28 arahat seçilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları kullanılarak önce her bir kalite göstergesi için tanımsal istatistikler yapılmış, daha sonra uzaysal değişkenliği belirlemek amacıyla uygun teorik variogramlar belirlenmiştir. Seçilen variogram modellerinin, alanın uzaysal yapısını doğru olarak yansıtır yansıtmadığı çapraz doğrulama analizleriyle kontrol edilmiştir. Toprak kalite göstergeleri yöne bağlı değişim göstermemiştir. En yüksek değişkenlik mesafesi 1981 m ile EC'de, en düşük değişkenlik mesafesi ise 1054 m ile hacim ağırlığında belirlenmiştir. Külçe etkisi en yüksek üst toprak derinliğinde, en düşük elektriksel iletkenlikte görülmüştür. Çapraz doğrulama sonuçlarına göre tüm kalite göstergelerinin korelasyon katsayıları 0.80-0.94 arasında değişmiştir. Uygun variogram modeli kullanılarak kriging yöntemiyle kalite göstergelerine ait değişkenlik haritaları oluşturulmuştur. Tüm kalite göstergelerine ait değişkenlik haritaları incelendiğinde, toprak tekstür bileşenlerinin diğer fiziksel kalite göstergeleriyle uyumlu olduğu ve onları önemli derecede etkilediği bulunmuştur. Ayrıca tarla kapasitesi ve daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik dışındaki bütün kalite göstergeleri ile önemli derecede ilişkili bulunmuştur. Bu nedenle gelecekteki amenajman ve arazi kullanımına yönelik planlamalarda tekstür bileşenleri ve toprak nem içeriği ile ilgili değişkenlikler dikkate alınmalıdır. Ayrıca toprak yönetim uygulamaları ve arazinin topografik özellikleri kalite göstergelerinin değişkenliğini etkileyen diğer faktörler olmuştur.

Kasım 2008, 160 sayfa

Anahtar Kelimeler: Jeostatistik, Uzaysal Dağılım, Toprak Kalite Göstergeleri, Variogram, Krigleme.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

ANALYSES OF SPATIAL VARIABILITY IN SOME SOIL QUALITY INDICES AT WIDELY DISTRIBUTED SOIL SERIES OF GÖKHÖYÜK STATE FARM USING GEOSTATISTICAL METHODS

Mustafa SAĞLAM

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan S. ÖZTÜRK

This study was carried out in Gökhöyük State Farm, Amasya, Turkey, to assess spatial variability of some soil quality indices using geostatistical methods. So soil data base would be obtained for productive and reliable use of the soils of the farm and the surrounding area. Selected soil physical (clay, silt, and sand percentages, bulk density, field capacity, permanent wilting point, hydraulic conductivity, depth of topsoil) and chemical (pH, EC, total organic carbon) quality indices were analyzed in 298 soil samples, taken from 0-20cm depths, from the approximately 1750ha study area. A grid with 500m×500m unit cells was overlaid on the field, for a total of 74 polygon sampling points. 28 transect were selected between these polygon points to collect samples in every 5, 15, 35, 65, 105, 215, 295, 395 m. At first, results were used for exploratory data analysis for each parameter, later the best theoretical variograms were modeled to determine the spatial variability. To evaluate the selected semivariogram models, cross validation analyses were conducted. Soil quality indices did not show directional variations. The highest range was determined for the soil EC (1981m), and the lowest for the soil bulk density (1054m). The highest nugget effect was found for depth of topsoil while the lowest value was determined for electrical conductivity. The correlation coefficient of the cross validation results changed between 0.80 and 0.94. Kriging maps were produced for each soil quality indice. From these kriging maps it was found that the soil textural components affected considerably the other soil physical properties. Field capacity and permanent wilting point were significantly correlated with all the soil quality indices except hydraulic conductivity. Therefore, for the future management and land use planning, changes in spatial variability of the soil texture and soil moisture content should be considered. Additionally, soil management applications and topographic properties of the field affected the soil quality indices.

November 2008, 160 pages

Key Words: Geostatistic, Spatial Variability, Soil Quality Indices, Variogram, Kriging.

TEŞEKKÜR

Bana bu araştırma olanağını sağlayan, yakın ilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, çalışmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen önceki danışman hocam emekli öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. A. İlhami ÖZKAN'a ve çalışmamın geri kalan kısmında danışmanlığımı üstlenen hocam Sayın Doç. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK'e, tez çalışmam süresince yakın ilgi ve önerileriyle beni yönlendiren, yardımlarını ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım, Sayın Prof. Dr. Gökhan ÇAYCI'ya ve Sayın Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN'e, tezimin çeşitli aşamalarında yardım ve desteğini aldığım değerli hocam Sayın Prof. Dr. İlhan KARAÇAL'a, büro çalışmalarında verdiği destek ve katkılarından dolayı Sayın Arş. Gör. Ferhat TÜRKMEN'e, tez yazımındaki katkılarından dolayı Sayın Dr. Yakup ÇIKILI'ya, arazi çalışmalarındaki yardım ve desteklerinden dolayı Sayın Serkan Özgür USLU'ya, Sayın Murat ÖZSAYAR'a, Sayın Murat ARSLANBEK'e, Sayın Hakan SAĞLAM'a, Sayın Semih SAĞLAM'a, Sayın Levent SAĞLAM'a ve Sayın Muhammed Kağan DEMİR'e, çalışmalarımda her zaman desteğini gördüğüm Sayın Dr. Siyami KARACA'ya teşekkürlerimi sunarım. Hayatımın her aşamasında manevi ve maddi desteklerini esirgemeyen babam Şahismail SAĞLAM'a, annem Şahize SAĞLAM'a, ağabeyim Musa SAĞLAM'a ve yengem Seval SAĞLAM'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca doktora tez çalışmamı BİYEP projesi kapsamında destekleyen Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne de sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

Mustafa SAĞLAM
Ankara, Kasım 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1 Toprakta Değişkenlik	8
2.2 Jeostatistik	12
2.3 Toprak Kalitesi.....	16
2.3.1 Toprak kalitesinin fiziksel göstergeleri	25
2.3.2 Toprak kalitesinin kimyasal göstergeleri.....	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
3.1 Materyal.....	45
3.1.1 Çalışma alanı	45
3.1.2 İklim	46
3.1.3 Jeoloji	50
3.1.4 Arazi kullanımı (1999-2004 yılları)	51
3.2 Yöntem	57
3.2.1 Örneklem planı ve toprak örneklerinin alınması.....	57
3.2.2 Laboratuvar analizleri.....	58
3.2.2.1 Fiziksel analizler	58
3.2.2.2 Kimyasal analizler.....	59
3.2.3 Jeostatistiksel analizler	59
3.2.3.1 Jeostatistik	59
3.2.3.2 Bölgesel değişkenlik	60
3.2.3.3 Variogram.....	60
3.2.3.4 Çapraz Doğrulama.....	64
3.2.3.5 Krigleme.....	65
3.2.4 Variogram analizi	66
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	68
4.1 Çalışma Alanı Toprakları	68
4.2 Jeostatistiksel Yöntemle Toprak Kalite Göstergelerinin Değerlendirilmesi.....	70
4.2.1 Kil içeriği.....	70
4.2.2 Silt içeriği	75
4.2.3 Kum içeriği	80

4.2.4 Hacim ağırlığı	84
4.2.5 Tarla kapasitesi	89
4.2.6 Daimi solma noktası.....	94
4.2.7 Hidrolik iletkenlik	99
4.2.8 Üst toprak derinliği	104
4.2.9 Toprak reaksiyonu (pH).....	108
4.2.10 Elektriksel iletkenlik	113
4.2.11 Toplam organik karbon.....	118
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	124
KAYNAKLAR	130
EKLER.....	141
EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları	142
EK 2 Analiz Sonuçlarının İfadesinde Kullanılan Nokta İsimlerinin Arazideki Konumlarının Gösterir Kroki	153
EK 3 Araziye Ait Parsel İsim ve Alan Bilgilerini Gösterir Kroki	154
EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çesidi ve Kullanılan Gübre Türü	155
ÖZGEÇMİŞ.....	160

SİMGELER DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CV	Değişkenlik Katsayısı
DAP	Diamonyumfosfat
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EC	Elektiriksel İletkenlik
GPS	Küresel Konumlama Sistemleri
HA	Hacim Ağırlığı
Hİ	Hidrolik İletkenlik
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
K _s	Doymuş Hidrolik İletkenlik
MSE	Hata Kareler Ortalaması
P	Yağış
PE	Buharlaştırma
pF	Toprak Su Tutma Eğrisi
pH	Toprak Reaksiyonu
S	Standart Sapma
S ²	Varyans
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SN	Daimi Solma Noktası
TK	Tarla Kapasitesi
TOC	Toplam Organik Karbon
TSP	Triplesüperfosfat
ÜTD	Üst Toprak Derinliği
γ	Semivaryans

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	46
Şekil 3.2 Çalışma alanının toprak-su bütçesi diyagramı	48
Şekil 3.3 Çalışma alanı ve yakın çevresi jeolojik birimlerini gösterir kroki.....	50
Şekil 3.4 Ekilen bitki deseni (1999-2000 ürün dönemi)	52
Şekil 3.5 Kullanılan gübre deseni (1999-2000 ürün dönemi)	52
Şekil 3.6 Ekilen bitki deseni (2000-2001 ürün dönemi)	53
Şekil 3.7 Kullanılan gübre deseni (2000-2001 ürün dönemi)	53
Şekil 3.8 Ekilen bitki deseni (2001-2002 ürün dönemi)	54
Şekil 3.9 Kullanılan gübre deseni (2001-2002 ürün dönemi)	54
Şekil 3.10 Ekilen bitki deseni (2002-2003 ürün dönemi)	55
Şekil 3.11 Kullanılan gübre deseni (2002-2003 ürün dönemi)	55
Şekil 3.12 2003-2004 yılları ekilen bitki deseni	56
Şekil 3.13 Kullanılan gübre deseni (2003-2004 ürün dönemi)	56
Şekil 3.14 Toprak örnekleme planı	58
Şekil 3.15 Tipik bir variogramın göstergeleri	61
Şekil 3.16 Yaygın olarak kullanılan variogram modelleri	63
Şekil 4.1 Çalışma alanı eğim sınıfları ve drenaj kanalları haritası.....	69
Şekil 4.2 Kil içeriği için isotropik variogram grafiği	70
Şekil 4.3 Kil içeriği için çapraz doğrulama grafiği	72
Şekil 4.4 Kil içeriği için krigleme haritası	73
Şekil 4.5 Kil içeriği için krigleme standart sapma haritası	73
Şekil 4.6 Kil içeriği için eklemeli örnek dağılım grafiği	74
Şekil 4.7 Kil içeriği için hata-tahmin grafiği	75
Şekil 4.8 Silt içeriği için isotropik variogram grafiği	75
Şekil 4.9 Silt içeriği için çapraz doğrulama grafiği.....	76
Şekil 4.10 Silt içeriği için krigleme haritası	77
Şekil 4.11 Silt içeriği için krigleme standart sapma haritası	78
Şekil 4.12 Silt içeriği için eklemeli örnek dağılım grafiği	78
Şekil 4.13 Silt içeriği için hata-tahmin grafiği	79
Şekil 4.14 Kum içeriği için isotropik variogram grafiği	80
Şekil 4.15 Kum içeriği için çapraz doğrulama grafiği	81
Şekil 4.16 Kum içeriği için krigleme haritası	82

Şekil 4.17 Kum içeriği için krigleme standart sapma haritası	82
Şekil 4.18 Kum içeriği için eklemeli örnek dağılım grafiği	83
Şekil 4.19 Kum içeriği için hata-tahmin grafiği	84
Şekil 4.20 Hacim ağırlığı için isotropik variogram grafiği	85
Şekil 4.21 Hacim ağırlığı için çapraz doğrulama grafiği	86
Şekil 4.22 Hacim ağırlığı için krigleme haritası	87
Şekil 4.23 Hacim ağırlığı için krigleme standart sapma haritası	87
Şekil 4.24 Hacim ağırlığı için eklemeli örnek dağılım grafiği	88
Şekil 4.25 Hacim ağırlığı için hata-tahmin grafiği	89
Şekil 4.26 Tarla kapasitesi için isotropik variogram grafiği	89
Şekil 4.27 Tarla kapasitesi için çapraz doğrulama grafiği	90
Şekil 4.28 Tarla kapasitesi için krigleme haritası	91
Şekil 4.29 Tarla kapasitesi için krigleme standart sapma haritası	92
Şekil 4.30 Tarla kapasitesi için eklemeli örnek dağılım grafiği	93
Şekil 4.31 Tarla kapasitesi için hata-tahmin grafiği	94
Şekil 4.32 Daimi solma noktası için isotropik variogram grafiği	94
Şekil 4.33 Daimi solma noktası için çapraz doğrulama grafiği	95
Şekil 4.34 Daimi solma noktası için krigleme haritası	96
Şekil 4.35 Daimi solma noktası için krigleme standart sapma haritası	97
Şekil 4.36 Daimi solma noktası için eklemeli örnek dağılım grafiği	97
Şekil 4.37 Daimi solma noktası için hata-tahmin grafiği	98
Şekil 4.38 Hidrolik iletkenlik için isotropik variogram grafiği	99
Şekil 4.39 Hidrolik iletkenlik için çapraz doğrulama grafiği	100
Şekil 4.40 Hidrolik iletkenlik için krigleme haritası	101
Şekil 4.41 Hidrolik iletkenlik için krigleme standart sapma haritası	102
Şekil 4.42 Hidrolik iletkenlik için eklemeli örnek dağılım grafiği	102
Şekil 4.43 Hidrolik iletkenlik için hata-tahmin grafiği	103
Şekil 4.44 Üst toprak derinliği için isotropik variogram grafiği	104
Şekil 4.45 Üst toprak derinliği için çapraz doğrulama grafiği	105
Şekil 4.46 Üst toprak derinliği için krigleme haritası	106
Şekil 4.47 Üst toprak derinliği için krigleme standart sapma haritası	106
Şekil 4.48 Üst toprak derinliği için eklemeli örnek dağılım grafiği	107
Şekil 4.49 Üst toprak derinliği için hata-tahmin grafiği	108
Şekil 4.50 pH için isotropik variogram grafiği	109

Şekil 4.51 pH için çapraz doğrulama grafiği	110
Şekil 4.52 pH için krigleme haritası.....	111
Şekil 4.53 pH için krigleme standart sapma haritası.....	111
Şekil 4.54 pH için eklemeli örnek dağılım grafiği	112
Şekil 4.55 pH için hata-tahmin grafiği	113
Şekil 4.56 Elektriksel iletkenlik için isotropik variogram grafiği.....	114
Şekil 4.57 Elektriksel iletkenlik için çapraz doğrulama grafiği.....	115
Şekil 4.58 Elektriksel iletkenlik için krigleme haritası	116
Şekil 4.59 Elektriksel iletkenlik için krigleme standart sapma haritası	116
Şekil 4.60 Elektriksel iletkenlik için eklemeli örnek dağılım grafiği	117
Şekil 4.61 Elektriksel iletkenlik için hata-tahmin grafiği	118
Şekil 4.62 Toplam organik karbon için isotropik variogram grafiği	119
Şekil 4.63 Toplam organik karbon için çapraz doğrulama grafiği.....	120
Şekil 4.64 Toplam organik karbon için krigleme haritası.....	121
Şekil 4.65 Toplam organik karbon için krigleme standart sapma haritası.....	121
Şekil 4.66 Toplam organik karbon için eklemeli örnek dağılım grafiği.....	122
Şekil 4.67 Toplam organik karbon için hata-tahmin grafiği.....	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Amasya ili uzun yıllar (1984-2003) aylık ortalama meteorolojik verileri.....	47
Çizelge 3.2 Çalışma alanının toprak su bütçesi	49
Çizelge 3.3 Bazı toprak özelliklerine ait yapısal uzaklık değerleri ve uzaysal bağımlılığı.....	62
Çizelge 3.4 Variogram modellerine ait eşitlikler	63
Çizelge 4.1 Kalite göstergelerine ait korelasyon analiz sonuçları	70
Çizelge 4.2 Kil içeriği için isotropik variogram göstergeleri.....	71
Çizelge 4.3 Kil içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları	74
Çizelge 4.4 Silt içeriği için isotropik variogram göstergeleri	76
Çizelge 4.5 Silt içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları	79
Çizelge 4.6 Kum içeriği için isotropik variogram göstergeleri.....	80
Çizelge 4.7 Kum içeriği için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları	83
Çizelge 4.8 Hacim ağırlığı için isotropik variogram göstergeleri.....	85
Çizelge 4.9 Hacim ağırlığı için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları	88
Çizelge 4.10 Tarla kapasitesi için isotropik variogram göstergeleri.....	90
Çizelge 4.11 Tarla kapasitesi için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları	93
Çizelge 4.12 Daimi solma noktası için isotropik variogram göstergeleri.....	94
Çizelge 4.13 Daimi solma noktası için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.14 Hidrolik iletkenlik için isotropik variogram göstergeleri	98
Çizelge 4.15 Hidrolik iletkenlik için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	103
Çizelge 4.16 Üst toprak derinliği için isotropik variogram göstergeleri.....	104
Çizelge 4.17 Üst toprak derinliği için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	108
Çizelge 4.18 pH için isotropik variogram göstergeleri	109
Çizelge 4.19 pH için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	113
Çizelge 4.20 Elektriksel iletkenlik için isotropik variogram göstergeleri.....	114

Çizelge 4.21 Elektriksel iletkenlik için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	118
Çizelge 4.22 Toplam organik karbon için isotropik variogram göstergeleri	119
Çizelge 4.23 Toplam organik karbon için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları.....	122

1. GİRİŞ

Ekosistemdeki yaşama temel olan toprak, ayrıışmış minerallerin, organik maddelerin, organizmaların, hava ve suyun biyolojik olarak aktif ve kompleks bir karışımıdır. Bunun yanında toprak sadece mineral, organik madde, hava ve suyun karışımı değil, aynı zamanda bunların etkileşimlerinin bir ürünüdür (Juma 1999).

Toprak insanın temel ihtiyaçlarını karşılayan önemli bir doğal kaynaktır. Ayrıca bitki gelişimi için gerekli olan besin elementi, su ve hava değişimine fiziksel, kimyasal ve biyolojik katkıda bulunur. Bu şekilde bitki gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyerek birçok küçük ve büyük organizma için yaşam ortamı yaratarak yaşamın devamına olanak sağlar. Ayrıca fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişebilir olması ve farklı çaptaki tanelerden (kum, kil, silt), organik maddelerden ve çok sayıda canlı organizma türlerinden, uzun bir zaman sürecinde oluşması nedeniyle yenilenemez doğal bir kaynak olarak düşünülebilir.

Toprakların düzgün ve yerinde kullanımı medeniyetlerin doğmasını sağlamış, yanlış kullanımı ise birçok medeniyetin yok olmasına neden olmuştur. Bu nedenlerle, Afrika, Güney Amerika, Yakın Doğu ve Orta Asya'da birçok medeniyet yok olmuştur. Bu medeniyetlerin neden arkalarında hiçbir iz bırakmadan aniden yok oluşlarını pek çok bilim adamı toprakların verimsizleşmesi ve bunun beraberinde getirdiği açlık ve savaş gibi sosyal olaylara bağlamaktadır (Erşahin 2001).

Tarıma açılacak yeni arazilerin son derece kısıtlı olması nedeniyle, araştırmacılar 2000'li yıllarda ortaya çıkacak besin ve giyecek açığının % 70'inin, üzerinde halen tarım yapılmakta olan alanlardaki verim artışıyla sağlanması gerektiği hususunda birleşmektedir. Ancak, topraktan maksimum verim almak için çevrenin ve insan sağlığının feda edilmemesi hususu önemle dikkate alınmalıdır. Amaç, üretken, karlı, çevre ile dost, sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin geliştirilmesi olmalı ve toprak amenajmanında bu sistemlerin gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Bu konuda dünyanın pek çok yerinde uzun süreli araştırmalar yapılmakta, bu araştırmaların sonuçları dikkatlice değerlendirilmekte ve sistemi

oluşturan değişik faktörlerin toprak, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olası olumlu ve olumsuz etkileri dikkatlice analiz edilmektedir (Lal and Stewart 1993).

Lockeretz (1988)'e göre sürdürülebilir tarım dünya tarımının geleceğini tehlikeye sokacak olan bir çok problemin üstesinden gelecek stratejiler paketini tanımlayan geniş bir terimdir. Bu problemler, toprakların üretkenliğindeki aşırı erozyon ve buna bağlı bitki besin elementleri kayıpları nedeniyle ortaya çıkan azalma, pestisitler, gübreler ve sedimentlerden kaynaklanan yer altı sularındaki kirlenme, yenilenemeyen kaynaklardaki azalma, tarımsal girdi fiyatlarının yüksek ve ürün fiyatlarının düşük olması nedeniyle çiftçinin gelirinin az olması gibi sorunları kapsamaktadır.

Özellikle kuru tarım yapılan bölgelerde, sürdürülebilirliğin anahtarı toprak üretkenliğidir. Toprak üretkenliği *“herhangi bir toprağın belirli amenajman uygulamaları altında söz konusu bitki veya bitkileri üretebilme kabiliyeti”* olarak tanımlanmaktadır. Toprak üretkenliği; fiziksel olarak tarif edilmiş bir amenajman sistemi altındaki belirli bir toprak tipi için yapılan girdilere karşılık, hasat edilen ürün veya çıktılar baz alınarak ölçülür (Anonymous 1957).

Sürdürülebilir tarımda anahtar faktör toprak kalitesidir. Hava ve su kalitesi gibi, toprak kalitesi de, içinde yer aldığı ekosistemin kalitesini etkiler. Ancak, belirli standartlara sahip su ve hava kalitesine göre, toprak kalitesinin tanımlanması ve sayısallaştırılması oldukça zordur (Doran and Parkin 1994).

Toprakların arazi kullanımı, toprak amenajmanı, ekosistem ve çevresel etkileşimler, sosyo-ekonomik ve politik öncelikler gibi dış faktörlere çok fazla bağımlı olması nedeniyle, toprak kalitesine uzunca bir süre tanımlanması imkansız olan bir özellik düşüncesiyle bakılmıştır. Ancak, toprakların daha uygun bir şekilde yönetilmesi ve gelecek nesillere daha iyi durumda miras bırakılabilmesi için, toprakları farklı amaçlar için kullanan bütün kişiler tarafından kabul edilecek toprak kalite standartları mutlaka oluşturulmalıdır.

Buna göre toprak kalitesi için değişik tanımlar yapılmıştır. Parr *et al.* (1990) toprak kalitesini “*toprağın sağlıklı, emniyetli ve besin değeri yüksek ürünleri uzunca bir zaman periyodu boyunca çevre ve doğal kaynakların varlığını ve sürekliliğini riske sokmadan belirli bir üretim seviyesinde yetiştirebilme, insan ve hayvanlar için daha iyi sağlık koşullarını sağlayabilme kapasitesi*” şeklinde tanımlamışlardır.

ABD Tarım Bakanlığı Doğal Kaynakları Koruma Servisi’de toprak kalitesini “*insan sağlığını ve yaşam ortamını desteklemek, su ve hava kalitesini korumak veya arttırmak, bitkisel ve hayvansal verimliliği desteklemek için doğal ve yönetilen ekosistem sınırları içerisinde belirli toprak fonksiyonlarının kapasitesi*” olarak tanımlar.

Bir diğer tanımlamada da Pierce and Larson (1993) ile Karlen *et al.* (1997) toprak kalitesini basitçe, toprak fonksiyonlarının kapasitesi olarak tanımlamaktadırlar.

Karlen *et al.* (1997) toprak fonksiyonlarını;

1. Sürdürülebilir biyolojik aktivite, farklılık ve verimlilik,
2. Su ve çözelti akışını ayırma ve düzenleme,
3. Organik ve inorganik materyaller, endüstriyel ve kentsel içerikli ürünler ve atmosferik depozitlerin süzülmesi, tutulması, ayrışması,
4. Biyosferdeki besin elementleri ve diğer elementlerin döngüsü ve depolanması,
5. İnsan yaşamıyla ilişkilendirilmiş arkeolojik hazineleri korumak ve sosyoekonomik yapılarına destek sağlamak şeklinde ifade etmektedirler.

Anahtar gösterge olabilecek bazı toprak özelliklerini kullanarak toprak kalitesinin değerlendirilmesi son derece zordur. Çünkü, toprak kalitesi için gösterge olabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler topraklardaki biyokimyasal süreçleri kontrol etmekte olup, gerek toprak özelliklerinin bizzat kendileri ve gerekse bu özelliklerin kontrol etmekte olduğu süreçler zamana, mekana ve yoğunluğa bağlı olarak sürekli değişmektedir.

Larson and Pierce (1991), toprak kalitesinin uygulamaya yönelik değerlendirmesinde bu fonksiyonlardaki zaman ve mekanla olan değişimin mutlaka hesaba katılması gerektiğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, toprak kalitesinin belirlenmesi, arazideki mevcut amenajmanın sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi bakımından da son derece yararlıdır. Bir amenajman, ancak hava, su, toprak ve besin kaynaklarının kalitesini muhafaza ettiği ya da artırdığı sürece sürdürülebilir olarak nitelenebilir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi tarımsal amenajman sistemlerinin sürdürülebilirliklerinin belirlenmesinde temel oluşturmaktadır.

Larson and Pierce (1991), toprağın kalite ve sağlığının değerlendirilmesi ile insan sağlığının değerlendirilmesi arasında bağlantı kurulabileceğini belirtmektedir. Bir doktor, hastasını genel sağlık kontrolünden geçirirken kan basıncı, kalp atışı, vücut sıcaklığı, kandaki belli başlı kimyasallar ile vücut sisteminin bazı fonksiyonlarını ölçer. Sağlıklı bir bünye için temel kabul edilen bu göstergelerin kabul edilen değerlerin dışında kalması halinde problemin teşhisine ve sorununa çözüm bulunmasına yardımcı olabilecek özel bir testin uygulanmasını ister. Toprak sağlığının da değerlendirilebilmesi için kalite göstergesi olarak benimsenen toprak analizlerin yapılması ve elde edilecek sonuçlara göre toprak kalite değerlendirmesinin yapılması gerekir.

Toprak kalitesinde temel alınacak toprak özelliklerinin seçimindeki karmaşıklık ve bu özelliklerin belirlenmesindeki zorluklar nedeniyle daha önceleri toprak kalitesinde belirleyici olabilecek toprak özellikleri kesin olarak belirlenmiş değildi. Çoğu zaman çiftçiler, araştırmacılar ve toprak muhafaza uzmanları tarafından sık sık sorulan “*Şu anda uygulanan toprak amenajmanının şimdi ve gelecekte toprak fonksiyonu üzerine etkilerini değerlendirmek için hangi ölçümleri yapmalıyım?*” sorusu toprak kalitesi konusunda temel alınabilecek bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi gereğini gündeme getirmiştir.

Toprak kalitesinin belirlenmesinde temel alınabilecek toprak özelliklerinin seçimi oldukça karışık bir işlemdir. Çünkü, birbirleriyle ilişkili olan bir çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörü kapsamakta olup, bu faktörler arasındaki etkileşimler zamana ve mekana bağlı olarak son derece değişkenlik sergilemektedir.

Toprak kalitesi için gösterge olarak seçilen toprak özellikleri, toprağı farklı amaçlarda kullanan kişiler için kolayca ulaşılabilir veya ölçülebilir özellikler olmalı ve toprak veri tabanında yer alan toprak özellikleri arasından seçilmelidir. Daha sonra seçilen bu kalite göstergeleri kullanılarak toprak kalite değerlendirmeleri yapılmalıdır.

Toprak kalitesi bir kaç farklı özellik veya sürecin ölçülmesi ve/veya gözlenmesiyle tahmin edilir. Toprak kalite indeksi olarak birden fazla özellik kullanılabilir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan göstergelerin seçimi aşağıdaki kriterlere dayanılarak yapılabilir.

1. Toprak kullanımı,
2. Değerlendirilen toprak fonksiyonu ve göstergeler arasındaki ilişki,
3. Ölçümün güvenilirliği ve kolaylığı,
4. Örnekleme alanı üzerindeki değişimler ve örnekleme zamanı arasındaki değişiklikler,
5. Toprak yönetimindeki değişimler için ölçümlerin hassasiyeti,
6. Gözlem yapma ve rutin örneklemenin uygunluğu,
7. Yorum ve kullanım için becerinin varlığı.

Göstergeler çevre veya yönetim uygulamalarındaki değişimlere duyarlı ve ölçülebilen toprak ve/veya bitki topluluklarının özellikleridir. Toprak kalite göstergeleri; topraktaki değişimleri izlemek için ölçülebilen fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikler, işlemler ve karakteristiklerdir (Anonymous 1996b).

Doran and Parkin (1994), toprak kalite göstergesi olarak kullanılabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini şu şekilde sınıflandırmaktadırlar.

1. Fiziksel Kalite Göstergeleri: Toprak tekstürü, toprak derinliği ve köklenme derinliği, toprak hacim ağırlığı, infiltrasyon, toprağın su tutma karakteristikleri, nem içeriği, toprak sıcaklığı, toprak erozyonu, kabuk oluşumu

2. Kimyasal Kalite Göstergeleri: Toplam organik karbon ve azot, pH, elektriksel iletkenlik (tuzluluk), mineral N (NH_4 ve NO_3), P, K

3. Biyolojik Kalite Göstergeleri: Mikrobiyal biyokütle- C ve N, potansiyel mineralize olabilir N, toprak solunumu, biyokütle C/toplam organik karbon oranı, solunum/ biyokütle oranı.

Burada belirtilen göstergeler zaman, ana materyal, topografya, iklim, organizmalar (Jenny 1941) ve farklı işleme yöntemleri nedeniyle hem insan eli değmemiş hem de yoğun tarım yapılan ekosistemlerde (Robertson *et al.* 1997) değişken olabilir. Toprak değişkenliği bilgisi teknolojiadaki yetersizliklerden dolayı geçmişte çok sınırlı olmuştur. Son on yıl boyunca bilgisayar teknolojisi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), küresel konumlama sistemleri (GPS), uzaktan algılama ve jeoistatistikteki ilerlemeler toprak uzaysal değişkenliğinin belirlenmesi, kaydedilmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesindeki yeteneğimizi büyük oranda arttırmıştır.

Klasik istatistik yöntemler ile yapılan değerlendirmelerde toprak özelliklerinin yapısal uzaklığa bağlı olan ilişkisi dikkate alınmaz ve her noktada alınan örneklerin birbirinden bağımsız olduğu kabul edilir. Bu nedenle yapısal uzaklığa bağlı yani uzaysal olarak değişen toprak özelliklerinin analizinde klasik istatistik yöntemlerinin kullanılması uygun değildir. Toprak özelliklerindeki bu uzaysal değişimlerin belirlenmesinde, yapısal uzaklığa bağlı değişimleri dikkate alarak analizler yapan jeostatistiksel yöntemler son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Jeoistatistikte, arazi üzerinde gözlem yapılan iki nokta arasındaki yapısal uzaklığın artması ile iki noktadan elde edilen verilerin benzerliğinin gittikçe azaldığı ve belli bir noktadan sonra tamamen yok olduğu varsayılır (Isaaks and Srivastava 1989; Cambardella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Gerçekte herhangi bir toprak özelliğinin bir noktadaki ölçüm değeri onun söz konusu noktadaki uzaysallığının bir fonksiyonudur. Bu durum toprak özelliklerinin arazide süreklilik gösterdiğine işaret etmektedir (Öztaş 1995). Arazide örnekler arasındaki benzerliğin yapısal uzaklığının bilinmesi, arazi üzerinde yürütülecek tarımsal ve bilimsel faaliyetlerde büyük avantaj sağlamaktadır. Uzaysal bağımlı değişkenlerin yapısal uzaklığını dikkate alınmadan yapılan değerlendirmeler, bu değişkenlerin açıklanmasında yetersiz kalırlar (Hamlett *et al.* 1986). Yapılan araştırmalar sırasında örnekleme noktaları arasındaki yapısal uzaklığı dikkate alan yöntemlerin kullanılması toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyar.

Toprak özelliklerinin temel karakterlerinden biri uzaysal farklılıklardır. Toprak özelliklerindeki farklılığın genel olarak iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi toprak ana

materyali gibi toprak oluşum faktörleri ikincisi ise gübreleme, sulama ve bitki rotasyonu gibi dış kaynaklı toprak yönetim faktörleridir. Toprakların arazi ölçeğindeki süreçlerinin kontrol edilmesinin ve yönetilmesinin temel anahtarı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin anlaşılmasıdır (Corwin and Lesch 2005). Geniş ölçeklerde toprak özelliklerinin uzaysal ve zamansal değişkenliklerinin tanımlanması çeşitli tarımsal ve çevresel konular için son derece önemlidir (Corwin *et al.* 2006).

Jeoistatistiksel yöntemler tarımsal üretimde, değişkenlerin analizinde, problem olabilecek değişkenlerin belirlenmesinde ve geleceğe yönelik amenajman uygulamalarına karar verebilmek amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır. Bitkisel üretim ve verimlilik bitkiye yarayışlı su, infiltrasyon, toprak testürü ve strüktürü, toprak derinliği, sınırleyıcı toprak katmanları, organik madde, gübreler, pestisitler, mikro elementler ve toksik iyonlar gibi kimyasal bileşenlerle birlikte iklim ve topoğrafya gibi arazi özelliklerin oluşan fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinden önemli oranda etkilenmektedir (Black 1968; Thornley and Johnson 1990; Hanks and Ritchie 1991; Tanji 1996). Kurak ve yarı kurak bölgelerde ise bitki verimliliğini etkileyen öncelikli toprak özellikleri tuzluluk, toprak tekstürü ve strüktürü, bitkiye yarayışlı su, besin elementi noksanlığı ve Na, Cl gibi toksik iyonlar olmaktadır (Tanji 1996). Bu nedenlerle bitkisel üretimi ve verimliliği etkileyen toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzaysal değişkenliği son yıllarda toprak bilimcileri ilgilendiren temel konu olmaya başlamıştır (Webster 1985; Hillel 1991; Sylla *et al.* 1995; Jordan *et al.* 2003).

Bu çalışma ile Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesi topraklarının bazı kalite göstergelerine ilişkin değerlerin belirlenmesi ve bunların uzaysal değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemler ile analiz edilerek aralarındaki uzaysal ilişkinin ortaya konulması, beraberinde kriging yöntemi kullanılarak kalite göstergelerindeki uzaysal değişkenliğin haritalanması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sürdürülebilir tarımın temel bileşeni toprak kalitesidir. Toprak kalitesinin göstergeleri olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler topraklardaki biyokimyasal süreçleri kontrol etmektedir. Gerek toprak özelliklerinin bizzat kendileri ve gerekse bu özelliklerin kontrol etmekte olduğu süreçler zamana, mekana ve yoğunluğa bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu bölümde son dönemlerde dünyada toprakta değişkenlik, topraklardaki değişkenliklerin tanımlanmasında tüm dünyada son 20 yıldır yoğun olarak kullanılan jeostatistik yöntemi ve toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenerek özetlenmiştir.

2.1 Toprakta Değişkenlik

Toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenlere sahip yaşayan canlı bir varlıktır. Yaşayan her canlı gibi toprakta, olduğu çevredeki etmenlerin etkisi altında değişime uğramaktadır. Doğada toprak oluşturan süreçlerin etkileşimi sonucu toprak özellikleri uzaysal ve hacimsel olarak büyük değişkenlik gösterir. Ürün yetiştirildiğinde, tarımdaki insan etkileri (anthropic) nedeniyle toprak daha fazla heterojenlik kaynaklarına sahip olur. Journal and Huijbregts (1991), yapılan çalışmaların bir çoğunda toprak özelliklerinin güçlü uzaysal bağımlılık gösterdiğini ve bu nedenle jeostatistiksel analiz yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Toprak tek başına bir kütle olarak değerlendirilmemeli, toprak oluşum süreçleri ve çeşitli faktörlerin etkileşim ürünü olduğu da dikkate alınmalıdır. Bu etkileşim toprakta karmaşıklık yaratarak dinamik ve heterojen bir sistemin oluşmasını sağlamaktadır (Trangmar *et al.* 1985). Toprakların yöne bağlı (anisotropik) değişimleri olması nedeniyle yatay ve düşey değişkenliği kesindir ve yok sayılamaz (Zaslavsky and Rogowski 1969; Hall 1983; Ugolini and Edmonds 1983). Ayrıca, tarımsal üretim sırasında kullanılan toprak işleme yöntemleri de toprak özelliklerinin heterojenliğini arttıran diğer bir önemli faktördür (Tyler 1985; Trangmar *et al.* 1987; Isaaks and Srivastava 1989).

Son dönemlerde bilgisayar teknolojisi, CBS, GPS, uzaktan algılama, arazi gözlemleri ve jeoistatistikteki ilerlemeler toprakların uzaysal değişkenliğini anlama, kaydetme, analiz etme ve yönetme yeteneğimizi büyük oranda arttırmıştır. Toprak değişkenliği; toprak haritalama (Beckett and Webster 1971), toprak verimliliğinin değerlendirilmesi (Melsted and Peck 1973), arazi çalışmasının planlanması ve yorumlanması (Wilding and Drees 1983) ve farklı yönetim uygulamaları altındaki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri (Trangmar *et al.* 1985) gibi farklı içeriklere sahip bir çok çalışmayla araştırılmıştır.

Toprak değişkenlik çalışmalarında, veri analiz yöntemleri farklı olan temel istatistik ve jeoistatistik gibi iki temel istatistiksel yaklaşım kullanılabilir. Klasik istatistik bir yerden diğerine değişkenlerin rasgele dağılması nedeniyle, gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu şeklindeki bazı temel hipotezlerin geçerliliğini gerektirir. Bunun tersi bölgeselleştirilmiş değişkenler teorisine dayalı olarak çalışan jeoistatistik ise örnek alanındaki uzaysal değişkenliği göz önüne alarak örneklerin doğal değişkenlik yapısını ortaya koyar. Jeoistatistikte bağımlılık analizi uzaysal bağımlılığın varlığını gösteren variogram yapısına dayandırılır (Goovaerts 1997). Toprakların uzaysal değişkenliğinin belirlenebilmesi ve değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan bilimsel çalışmalarda jeoistatistiksel yöntemler yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır.

İklim ve topografya toprak değişkenliğine katkıda bulunan önemli faktörlerdir. Özellikle iklimin iki önemli faktörü olan sıcaklık ve yağış, topraklarda değişkenliğe bölgesel düzeyde katkı yapar. Topografyadaki farklılıklar da toprak özelliklerinde farklılıklara neden olur. Toprak sistemi içinde fiziksel ve kimyasal süreçler düşey ve yatay değişkenliğe neden olmaktadır. Toprakta cereyan eden biyolojik olaylar da lokal değişkenliği arttırmaktadır. Toprakta değişkenliği arttıran bir diğer faktör de uygulanan amenajmandır. Aynı seriye dahil olan topraklar uygulanan farklı amenajman sistemleri nedeniyle oldukça farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Bunun yanında farklı seriye dahil olmasına karşın aynı amenajman altında özellikleri benzeyen topraklar da bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerde hayvan atıkları, gübre, sulama suyu ilavesi ve toprak işleme nedeniyle ilave değişkenlik kaynaklarına sahip olmaktadır. Pullukla işleme, arazi tesviyesi, toprak altı işleme, kanal açma, strüktür ve su bütçesi de ilgili değişkenlikleri meydana getirebilmektedir (Goderya 1998).

Upchurch and Edmonds (1991), toprakları tanımlamada parametrik tahmin edicilerin kullanımı dağılımın normal olması, örneklerin rastgele ve birbirinden bağımsız olduğu varsayımına dayandığını belirtmişlerdir. Popülasyonun ortalama ve varyansı, örnek ortalaması ve varyansının yardımıyla tahmin edilmektedir. Örnek varyansı (S^2) değeri ile, her bir örnek değerinden sapmaların karesini temsil ettiği için, bu değer toprak özelliklerinin değişkenliğini ölçümde kullanılan birim olarak ifade edilemez. Standart sapma değeri (S) daha fazla bilgi vericidir, çünkü kare alma etkisi tamamen elemine edilememesine rağmen azaltılmıştır. Standart sapma değeri ölçümün biriminde olsa da, değişkenliği ölçmede tutarlı bir kriter değildir. Bu durum, standart sapmanın ortalamaya oranlanıp yüzde olarak ifade edilmesi ile giderilir. Ortaya çıkan değer değişkenlik katsayısıdır. Bu değer bir çok araştırmacı tarafından değişkenliğin ifadesi olarak kullanılmış ve kullanılmaktadır.

Hassas çiftçilik teknolojilerinin kullanımı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklere ait toprak değişkenliğinin daha iyi tanımlanmasını gerektirir. Bu değişimin bazıları normaldir, bazıları ise arazideki yönetim uygulamalarının sonucudur. Bu yüzden, belirli koşullardaki uygulamaları ve tarımsal girdileri eşleştirmek için Kuzey İtalya’da bir arazide iki farklı derinlikte ölçülen bazı fiziksel, hidrolik ve kimyasal özelliklerin (toprak tekstürü, 10, 50, 100, 200, 1000 ve 1500 kPa basınç potansiyellerindeki su içeriği, organik C konsantrasyonu) uzaysal değişkenliğini analiz etmek için faktöriyel kriging kullanılmıştır. Kısa yapısal uzaklıktaki (range) toprak değişkenliklerinin toprak tekstüründeki farklılıklardan kaynaklandığı, organik C konsantrasyonunda uzun yapısal uzaklıktaki değişimin ise toprağın su tutmasındaki değişkenliğin sonucu olduğu ileri sürülmüştür (Bocchi *et al.* 2000).

Topraklar iklim, bitki örtüsü ve zaman gibi faktörlerin farklı topografyadaki jeolojik ana materyal üzerine etkileri sonucu oluşur. Topraklar üzerinde oluştukları jeolojik ana materyalden (lös, buzul birikintileri veya tortul kayalar gibi) farklıdır ve birbirinden farklı ve ayırt edici özellikleri olan horizonlara sahiptir. Horizonlar; organik madde içeriği, renk, tekstür, strüktür, pH, baz doygunluğu, katyon değişim kapasitesi, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve diğer bazı fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından birbirinden oldukça farklı olabilirler (Mulla and McBratney 2001).

Toprak özelliklerinin uzaysal analizleri, özellikle yüksek değişkenliğe sahip aluviyal topraklar üzerindeki örnekleme planını etkileyebilir. Buscaglia and Varco (2003), bir yönü ikincisinden daha çok değişken aluviyal topraklar için grid-nokta ve grid-hücre tipi örnekleme arasındaki uzaysal analizleri karşılaştırdıkları çalışmada; alçak Mississippi vadisi taşkın ovasında kurulu sulanan mısır arazisinde iki transekt boyunca 0-15 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde toplam C ve N, ekstrakte edilebilir Ca, Mg, K, Na, Zn, P ve pH analizleri yapılmış ve Moran's I otokorelasyon katsayısı önceden seçilmiş ayırma uzaklıklarında hesaplanmış ve korrelogramlar otokorelasyondaki eğilimleri belirlemek için parsellenmiştir. Grid-nokta ve grid-hücre örnekleme planlarını kullanarak hesaplanan otokorelasyon eğilimlerindeki benzerlik, Mississippi deltası toprakları için uzaysal desen oluşumunun yaklaşık 46 m veya daha az örnekleme mesafesiyle elde edilebileceği her iki örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Grid-hücre örneklemesiyle karşılaştırıldığında grid-nokta örnekleme, çok daha fazla kolaylık, daha az zaman ve çalışma gerektirmiş, ancak uzun mesafeli otokorelasyon olasılığı yüksek araziler için azaltılan örnekleme yoğunluğuyla grid kullanımının daha çok verimli olabileceği adı geçen çalışmayla bildirilmiştir.

Kravchenko (2003), hassas tarımın etkinliğinin toprak özelliklerinin doğru ve etkili şekilde haritalanmasına bağlı olduğunu ve toprak örnekleme sayısı, örnekleme noktaları arasındaki mesafe ve interpolasyon işlemlerinin seçimini, haritalanan toprak özelliklerini çok fazla etkileyen faktörler olarak belirtmiştir. Bu çalışmada; (1) farklı örnekleme yoğunluğunda grid toprak örnekleme, (2) iki interpolasyon (normal nokta kriging ve en iyi ters mesafe ağırlığı) işleminin performansı üzerine verilerin uzaysal korelasyon kuvvetinin ve veri değişkenliğinin etkisini değerlendirme amaçlanmıştır. Toprak örneklerinin % 12-67 arasında değişen varyasyon (değişim) katsayısıyla grid noktaları arasında 30 m'lik mesafede düzenli grid yöntemi kullanılarak 20 ha'lık bir alanda örneklendiği, simüle edilen uzaysal yapıların kuvvetinin zayıf külçe etkisi (nugget)/eşik değeri (sill) oranından (0.6) güçlü külçe etkisi/eşik değeri oranına (0.1) doğru sıralandığı ve sonuçlar değişim katsayısına (CV) bakılmaksızın güçlü uzaysal yapıya sahip toprak özelliklerinin zayıf uzaysal ilişkiye sahip toprak özelliklerinden daha doğru olarak haritalandığı araştırmacı tarafından bildirilmiştir.

Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği; toprak biliminde modelleme, tahmin ve risk değerlendirmesinin önemli bir bileşenidir. Uzaysal değişkenlik bir taraftan optimal uzaysal interpolasyon (örneğin kriging) ve risk değerlendirmelerinin (örneğin belirli bir özelliğin belirlenen sınır değerlerden daha yüksek değerinin değerlendirilmesi) açıklamalarını içerirken, diğer taraftan fiziksel temelli modellerin (örneğin yağış miktarı-yağış fazlalığı) bilgilerini içerir. Toprak değişkenleri genellikle deneme bölgelerinin küçük bir kısmında bilinirken onların uzaysal değişkenliği birkaç göstergeyle (örneğin külçe etkisi, eşik değeri, yapısal uzaklık) modellenen uzaysal kovaryans veya variogram gibi istatistiksel araçlar yardımıyla değerlendirilir (Pardo-Iguzquiza and Dowd 2003).

Doğal toprak oluşumu ve insan aktivitelerinin farklı mekânsal ve zamansal etkilerinin sonucu olarak topraklar değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik, toprak etüt ve haritalama çalışmaları ile üretilen farklı ölçeklerdeki haritalar ile yansıtılmaktadır. Farklı ölçeklerde üretilen toprak haritalarından çok farklı disiplinlerdeki kullanıcılar yararlanmaktadır. Toprak haritalarındaki veriler CBS ile haritalama birimlerinin ilişkisel tablosunda tutulabilmekte ve her türlü mekânsal analize imkân sağlamaktadır. Akbaş ve Yıldız (2004) tarafından daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir arazide seçilen test alanında (400x800 m), yüzey toprağının bazı özelliklerindeki değişimini jeoistatistiksel teknikler (kriging enterpolasyonu) yardımıyla haritalanmasını amaçladıkları çalışmada; temel toprak haritasının sayısallaştırılıp bilgisayar ortamına aktarıldığı, araziden 25x25 m alınan örnekler ve temel toprak haritası IKONOS uydu görüntüleri yardımıyla rektifiye edildiği ve toprak özellikleri değişimi kriging tahmin yöntemi ile haritalandığı toprak sınırları ile karşılaştırıldığı bildirilmiştir. Haritalanan özelliklerin, temel toprak haritası ile benzerlikleri ve bu haritalama tekniğinin ve toprak haritalarının CBS çalışmalarındaki kullanım etkinliğinin tartışıldığı bu çalışmada, ayrıca toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde jeoistatistik yöntemlerle istenilen değişkenlere ait haritalar üretilbileceği belirtilmiştir.

2.2 Jeostatistik

Jeoistatistik, 1950'lerde Güney Afrika'da madencilik endüstrisinde kullanılmak üzere geliştirilen (Krige 1951) istatistik ve olasılık değerlendirmelerini kapsayan bir yöntemdir.

Basit bir ifadeyle jeoistatistik, uzaysal olarak dağılmış veriler arasındaki korelasyonu tanımlamak ve bundan yararlanmak için kullanılır.

Uzaysal değişkenlik analizinin birincil aracı olan jeoistatistik, değişkenlikleri örnekler arasındaki yapısal uzaklığı dikkate alarak belirler. Örnekler arasındaki yapısal uzaklık uzaysal bağımlılığın derecesini belirleyen en önemli faktördür. Birbirine yakın noktalar daha çok benzerlik gösterirken noktalar arasındaki yapısal uzaklık arttıkça benzerlik azalmakta ve belirli bir yapısal uzaklıktan sonra örneklerin benzerliği yani uzaysal bağımlılığı ortadan kalkmaktadır. Birbirlerine yakın noktalar arasındaki uzaysal bağımlılık, uzak noktalar arasındaki uzaysal bağımlılıktan daha büyüktür (Webster and Oliver 1990).

Jeoistatistiksel yöntemlerle uzaysal bağımlılığın belirlenmesi beş aşamada gerçekleşir. Bu aşamalar sırasıyla aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Temel istatistiksel hesaplamalar, basit kontur harita üretimi ve veri doğrulama gibi yöntemlerle veri setinin kontrol edilmesi,
2. Değişkenlerin uzaysal ve yönsel tanımlanmasına uygun variogram modellerinin oluşturulması,
3. Oluşturulan modelin temelini meydana getiren yapısal uzaklık, eşik değeri ve külçe etkisi gibi variogram göstergelerinin tanımlanması,
4. Tahmin (kriging),
5. Simülasyon (eğer istenirse).

Jeoistatistiksel analizde ayırma mesafesinin bir fonksiyonu olarak, iki nokta arasındaki değişkenliği tanımlayan variogram fonksiyonunun temel göstergeleri külçe etkisi, eşik değeri ve yapısal uzaklıktır. Eğer eşik değeri durağan (stabil) ise süreç değişmez kabul edilir ve eşik değeri uzun yapısal uzaklıklarla ayrılan iki nokta arasındaki değişkenlik olarak düşünülür. Yapısal uzaklık, uzaysal devamlılığın bir ölçüsü olup, ilgili değişkeni etkileyen uzaysal korelasyonun en yüksek (maksimum) mesafesini gösterir. Külçe etkisi ise birbirine yakın ölçümler arasındaki değişkenliği gösterir. Külçe etkisi, örnekleme yöntemindeki hata ile örnekleme aralığından daha düşük yapısal uzaklıklardaki değişkenliklerden kaynaklanır.

Variogram örnek noktaları arasındaki değişkenliği gösteren uzaysal yapıyı tanımlayan matematiksel bir fonksiyondur. Bu uzaysal yapı, kriging yöntemiyle örnek noktaları arasındaki interpolasyonun belirlenmesinde kullanılır. Kriging ise örneklenen alanlardaki verileri kullanarak örneklenmeyen alanlardaki değerleri kestiren ve değerlendiren bir yöntemdir.

Veri setlerinin özelliklerine ve çalışmaların amaçlarına göre çeşitli krigleme yöntemleri Trangmar *et al.* (1985) tarafından önerilmektedir. Araştırmacılar, eğer tahmin edilecek değer tek bir noktaya ait ise ortalamasız (ordinary) kriging, bir alana ait ise blok kriging yönteminin uygulanmasını önermektedirler. Eğer veriler log normal bir dağılımdan geliyor ise ayırıcı (disjunctive) kriging yönteminin, verilerde eğilim var ise universal kriging yönteminin uygulanması araştırmacılar tarafından tavsiye edilmektedir. Ayrıca belli sınır değerler üzerinde ve altında kalan değerler için özel dönüşümler ile yapılan bir diğer kriging yöntemi de indikatör krigingdir (Trangmar *et al.* 1985).

Çapraz doğrulama; ölçülen değerler ile bu ölçülen değerlerin kriging ile tahmin edilmesiyle bulunan değerler arasındaki ilişkiyi inceler (Isaaks and Srivastava 1989). Çapraz doğrulama farklı ağırlıklı uygulamalar arasında, farklı araştırma stratejileri hakkında veya farklı variogram modelleri arasında seçim yapma şansı vermektedir. Ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki karşılaştırma bize tahminin doğruluğu hakkında bilgi vermektedir. Çapraz doğrulama sonucu ölçülen değerler ile tahmini değerlerin farkı hatayı vermektedir. Çapraz doğrulama hataları önemli uzaysal bilgiler içermektedir. Çapraz doğrulama sonucu bulunan hataların başarılı bir uzaysal dağılım çalışması, tahmin uygulamalarının son aşamasında tahminlerin zayıf kaldığı bölgeler hakkında bilgi vermektedir. Böyle bir bilgi özel durum geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Çapraz doğrulama, son tahmin hesapları yapılmadan önce hazırlık adımı olarak kullanılmaktadır (Isaaks and Srivastava 1989).

Geleneksel istatistiğin topraktaki değişkenliğe yaklaşımı verilerin uzaysal korelasyonu hakkında hiçbir bilgi içermemektedir. Fakat toprak özellikleri arazide genellikle rasgele değişmemektedir. Genellikle bir toprak özelliğine ait değerler örnek alınma noktaları

birbirine yaklaştıkça benzer olmaktadır yani uzaysal korelasyona sahip olmaktadırlar. Aynı özellik için örnekler arası yapısal uzaklık arttıkça benzerlik ve uzaysal korelasyon azalmaktadır. Başka bir ifadeyle, arazide birbirine yakın olan örnekler uzak olan örneklere göre daha çok benzerdir (Trangmar *et al.* 1985; Isaaks and Srivastava 1989; Mulla and McBratney 2001).

Jeoistatistiksel teknikler bölgesel değişkenler teorisini temel almaktadır (Webster and Oliver 1990). Örneklerin uzaysal bağımlılığını temel alan bu teori ilk kez Matheron (1963) tarafından ortaya konmuştur. Uzaysal bağımlılığı dikkate almayan klasik interpolasyon teknikleri madencilik endüstrisinde hatalı sonuçlar verdiği için uygun değildir. Matheron tarafından ilk temelleri atılan bölgesel değişkenler teorisi, D.G. Krige tarafından altın yataklarında yüksek örnekleme maliyetini azaltmak ve en yüksek doğrulukla sonuca ulaşmak için maden cevheri miktarı ve tenöründeki lokal değişimleri dikkate alan interpolasyon teknikleri geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu teori günümüzde uzaysal olarak bağımlı değişkenlerin analizi ve tahmini için yapılan işlemlerin temelini oluşturmaktadır. Bu işlemlerin genel adı jeoistatistik olarak bilinmektedir.

Uzaysal bağımlılık örnekler arasındaki yapısal uzaklık dışında yöne göre de değişmektedir. İncelenen özellikler için belirlenen variogram değerlerinin yönler göre değişiklik göstermesi yönsel bağımlılığın (anisotropik) bir göstergesidir. Yönsel bağımlılığın oluştuğu durumlarda, değişimin en yüksek ve en düşük olduğu yönler dikkate alınarak hesaplanan bir katsayının variogramın eğim bileşimine ilave edilmesi gerekmektedir (Webster and Oliver 1990).

Webster and Oliver (1992), toprak özelliklerinin deneysel variogram modellerinin oluşturulması için gerekli örnekleme sayısının ne kadar olması gerektiğini araştırmışlardır. Araştırmacılar tipik toprak özelliklerinin ve çevresinin tanımlanabilmesi için 50 verinin az olduğunu, en az 100 verinin gerektiğini bildirmişlerdir. Normal dağılımlı yönden bağımsız dağılım gösteren toprak özelliklerinin deneysel variogramlarının 150 veriyle hesaplanmasının genellikle yeterli olduğunu, 225 veriyle yapılan hesaplamaların daima güvenilir olabileceğini bildirmişlerdir.

Goovaerts (1998), mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin modellenmesinde ve tanımlanmasında temel jeoistatistik uygulamalarını kullanmıştır. İlk olarak, variogram ve korelogram gibi temel jeoistatistik araçları her bir örnek için ayrı ayrı hem uzaysal etkileşimlerini hem de uzaysal değişkenliğini nitelendirmek için tanımlamıştır. Daha sonra deneysel variogramların izin verilebilir uygun modelleri tek ve çok değişkenli koşullarda belirlemiştir. Uzaysal bağımlılık modeli kullanılarak toprak özelliklerine ait değerler, yalnızca belirlenen özelliklerle ilgili gözlemler (kriging) veya diğer ilişkili özelliklerden sağlanan ilave bilgilerin birleştirilip (co-kriging) kullanılmasıyla örneklenmeyen noktalarda tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Jeostatistiğin örneklenme yapılmayan noktalarda kritik değerleri geçen risk değerlendirilmesinde (düzenleyici eşikleri, toprak kalite kriterleri vb.) ve/veya özelliklerin sayısal değerlerinin uzaysal değişkenliğinin simülasyonunda kullanılabildiğini ifade etmiştir.

Haritalamada ikincil uzaysal bilgi kullanılarak hassas çiftçilik yaklaşımlarında toprak özelliklerinin (tekstür, organik madde, pH, fosfor ve potasyum) haritalanmasında farklı tahmin yöntemlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Birincil bilgi (veya birincil nitelik) topraktaki yoğun grid örneklemesinden, ikincil uzaysal bilgi ise toprağın hava renk fotoğraflarındaki dijital verilerden elde edilmiştir. Tahmin yöntemleri olarak istatistiksel (dijital değerler ve toprak özellikleri arasındaki doğrusal regresyon) ve jeostatistiksel yöntemlerden (ortalamasız kriging, ortalamasız kriging+regresyon ve yöresel değişken araçlarıyla kriging) yararlanılmıştır. Hata kareler ortalaması, harita tahmin kalitesinin başarısını değerlendirmede kullanılmıştır. Organik madde, pH ve potasyum haritalamasını en iyi tahmin eden yöntem en düşük hata kareler ortalaması ile mavi dalga banttan oluşan dijital verilerin birleşimiyle en yüksek tahmini gösteren yöresel değişken araçlarının kullanıldığı kriging yöntemi olmuştur. Bu kriging tahminlerinden oluşan haritalar hava fotoğraflarındaki dijital veriler ve jeostatistiksel yöntemlerin birleştirilmesiyle toprak yönetim zonlarının tahmin kalitesinin düzeltilebileceğini göstermiştir (Lopez-Granados *et al.* 2005).

2.3 Toprak Kalitesi

Toprakların bitki gelişimini destekleme kapasitesi olarak tanımlanan toprak kalitesi sürdürülebilir tarımın önemli bir bileşenidir (Miller and Wali 1995; Warkentin 1995;

Subbian *et al.* 2000). Toprak kalitesi tarımsal üretime yaptığı katkılar nedeniyle hem ekosistem sağlığının hem de toprak verimliliğinin değerlendirilebilmesi için önemlidir (Pierzynski *et al.* 1994). Toprak kalitesinin geliştirilmesi ve korunması çevre kalitesini arttırmakla birlikte, yetiştirme ortamı olarak bitkilerin gelişme isteklerine önemli katkı yapar (Carter *et al.* 1997).

Toprak kalitesi toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir karışımıdır. Bu nedenle, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin geliştirilmesiyle mümkündür. Bu özellikler sadece toprağın bir fonksiyonu olan bitki yetiştirme ortamı olarak önemli değildirler, aynı zamanda topraklardaki zararlı bileşikler tamponlama etkileri nedeniyle de önem taşımaktadırlar (Larson and Pierce 1994).

Toprak kalitesi yönetim uygulamalarından büyük oranda etklenir (Larson and Pierce 1994). Toprak kalitesinin bozulmasına neden olan yönetim uygulamaları dünya tarım topraklarının yaklaşık % 40'nı etkilemektedir (Oldeman 1994). Ayrıca, günümüzde agro-ekosistemlerin uzun süreli sürdürülebilirliklerinin korunmasında yine en önemli sorunlardan birisi yönetim uygulamalarıdır (Anonymous 1990). Toprak kalitesinin azalması, çoğunlukla yönetim uygulamalarına bağlı olarak ortaya çıkan organik madde kayıplarının, besin elementi noksanlıklarının ve mikroorganizma çeşitliliği ile aktivitelerinin sınırlandırılmasının bir sonucudur (Oades and Walters 1994; Riffaldi *et al.* 1994; Giller *et al.* 1997). Toprak kalitesi baklagil ağırlıklı ekim nöbeti, ahır gübresi ilavesi ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştiren farklı yönetim uygulamalarıyla iyileştirilebilir ve/veya korunabilir (Lal 1997; Carter 1998). Toprak kalitesi üzerine yönetim uygulamalarının olumsuz etkilerinin incelenmesiyle ilgili çalışmalara 1980'lerin sonunda başlanmıştır (Brundtland 1987; Bentley and Leskiw 1984). Bu nedenle toprak kalitesindeki değişimleri sınırlandıran yönetim uygulamalarının etkilerini gösteren bilgiler sınırlı ve eksik kalmıştır (Wang *et al.* 1997).

Toprak kalitesindeki değişimlerin yavaş olması ve kısa zaman periyotlarında değişimlerin fark edilmesinin zorluğu nedeniyle, toprak kalite değerlendirmesinde ortaya çıkan zaman boyutu önemlidir. Toprak kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin çoğu durağandır, bu nedenle değişkenlikler yalnızca uzun süreli denemelerle ortaya konulabilir

(Arnold *et al.* 1990). Toprak kalitesi sorunlarına güvenilir cevaplar bulmak için uzun süreli denemelerin kurulmasına ihtiyaç vardır. Bir başka ifadeyle, verimlilik kapasitesi ve toprak kalitesi üzerine yönetim sistemlerinin etkileri en iyi uzun süreli deneme sonuçlarıyla değerlendirilebilir (Subbian *et al.* 2000).

Zamana ve konumuna bağlı toprak özelliklerinde ortaya çıkan uzaysal-zamansal değişkenlikler jeostatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilebilir (Goovaerts 1999). Son 20 yılda bilim adamları tarafından küçük ve büyük ölçeklerde farklı tahmin (kriging) yöntemleri kullanılarak toprak özellikleriyle ilgili uzaysal değişkenliğin tahmin edildiği bazı çalışmalar yapılmıştır (Yost *et al.* 1982; Trangmar *et al.* 1987; Miller *et al.* 1988; Voltz and Webster 1990; Chien *et al.* 1997; Tsegaye and Hill 1998; Lark 2002). Toprak özelliklerinin değişkenliğinin tahmininde kullanılan bazı kriging yöntemleri toprak kalite değerlendirmesinde de başarıyla kullanılabilir (Doran *et al.* 1994; Doran and Jones 1996). Özellikle jeostatistiksel yöntemlerle çiftlik ve bölge ölçeğinde toprak kalitesinin uzaysal ve zamansal değişkenliği değerlendirilebilir.

Parr *et al.* (1990), toprak kalitesini “*toprağın sağlıklı, emniyetli ve besin değeri yüksek ürünleri uzunca bir zaman periyodu boyunca çevre ve doğal kaynakların varlığını ve sürekliliğini riske sokmadan belirli bir üretim seviyesinde yetiştirebilme ve insan ve hayvanlar için daha iyi sağlık koşullarını sağlayabilme kapasitesi*” şeklinde tanımlamaktadırlar.

Doran and Parkin (1994), problemleri alanların belirlenmesi, gıda üretiminde gerçekçi tahminlerin yapılması, toprak amenajmanına bağlı olarak ortaya çıkan sürdürülebilirlik ve çevre sağlığı bakımından ortaya çıkan problemlerin irdelenmesi ve hükümetlerin sürdürülebilir tarım ve arazi kullanım stratejilerini formüle etmelerinde yardımcı olunması için bir *toprak kalite indeksi*’nin mutlaka gerekli olduğunu vurgulamışlar ve toprak kalite göstergesi olarak kullanılabilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini şu şekilde tanımlamışlardır:

1. *Fiziksel Kalite Göstergeleri*: Toprak tekstürü, toprak derinliği ve köklenme derinliği, toprak hacim ağırlığı, infiltrasyon, toprağın su tutma karakteristikleri, rutubet içeriği, toprak sıcaklığı, toprak erozyonu, kabuk oluşumu,

2. *Kimyasal Kalite Göstergeleri*: Toplam organik karbon (C) ve azot (N), pH, elektriksel iletkenlik (tuzluluk), mineral N (NH_4 ve NO_3), P, K,

3. *Biyolojik Kalite Göstergeleri*: Mikrobiyal biyokütle- C ve N, potansiyel mineralize olabilir N, toprak solunumu, biyokütle C / toplam organik karbon oranı, solunum / biyokütle oranı.

Halvorson *et al.* (1995), toprak kalitesini izlemek ve değerlendirmek için bir yöntemin gelişiminin politik oluşum ve toprak kaynak yönetimi için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Toprak kalitesini değerlendirme yönteminin kullanılabilmesi için birçok farklı veri çeşidinin birleştirilmesi zorunludur. Örneklenmeyen bölgelerde toprak kalitesinin tahmini, belirlenmesi veya alternatif kullanımlar izin verilen toprak kalite değerlendirmesine bağlıdır. Halvorson *et al.* (1995) tarafından, non-parametrik jeostatistiğe bağlı bir yöntem kullanılarak güneydoğu Washington'daki tarım alanlarında 220 noktada ölçülen altı toprak değişkeni birleştirilerek toprak kalitesi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, her noktada toprak değişkenleri için sürekli olarak veriler başlangıca bağlı ikili değişken göstergelere dönüştürülmüş ve belirli bir sistematiğe alınan toprak örneklerinde yatay eksenle kimyasal özelliklerin, mikroorganizma popülasyonlarının ve toprak enzimlerinin uzaysal değişimleri izlenmiştir. Çok değişkenli gösterge dönüşüm seçimi sırasında kendine özgü birleşme olasılıklarını gösteren krigingle hesaplanan toprak kalite haritaları çok değişkenli gösterge seçim kriteri ve her bir toprak kalite değişkenin dönüşümü için kullanılan kritik eşik değerlerinden etkilendiği ve krigingden sonra çok değişkenli gösterge dönüşüm kriteri, toprak kalitesini tam anlamıyla yansıtabilirse toprak kalitesiyle ilgili olasılık haritalarının yapılabileceği adı geçen çalışmada belirlenmiştir.

Toprak kalite göstergeleri 4 genel grup içinde sınıflandırılabilir (Anonymous 1996b).

1. *Gözlenebilir İndikatörler*: Fotoğrafik yorum veya gözlemlerden elde edilen göstergelerdir. Toprak rengindeki değişim, geçici olarak sel veya yağmur suyu ile açılmış çukurlar, yüzey akış, bitki adaptasyonu, yabani ot türleri ve taşınmış materyaller ile ilgili bilgiler ve gözlemler örnek olarak verilebilir.

2. *Fiziksel Göstergeler*: Katı parçaların ve boşlukların yerleşimiyle ilişkilidir. Fiziksel indikatörler öncelikle kök gelişimi, fide çıkışı, infiltrasyon veya toprak profilindeki su hareketini etkiler.

3. *Kimyasal Göstergeler:* Toprak-bitki ilişkilerini, su kalitesini, tamponlama kapasitesini, bitkiler ve diğer canlılar için su ve besin elementlerinin yarayışlılığını, kirleticilerin hareketliliğini ve bazı fiziksel koşulları etkiler.

4. *Biyolojik Göstergeler:* Makro ve mikroorganizmaların ölçümelerini, onların aktivitelerini veya yan ürünlerini kapsar. Solunum hızı topraktaki organik maddenin özellikle mikrobiyel ayrışmasına katkı sağlayan mikrobiyal aktiviteyi belirlemek için kullanılır.

Toprak ve arazi kalite göstergeleri ölçek seviyesi, karmaşıklık, taşınabilirlik gibi üç özellikle sınıflandırılabilir. Yüksek karmaşıklıkla birlikte doğrudan ölçülemeyen göstergeler, hidrolojik simülasyon modelleri ve pedotransfer fonksiyonları gibi bir veya daha fazla modelle hesaplanmaya ihtiyaç duyabilirler. Gösterge uygulamaları için gösterge değerlerinin nasıl elde edildiğinin bilinmesi önemlidir. Araştırma zinciri olarak tanımlanan gösterge değerinin elde edilmesinde kullanılan modeller ve sıralaması ölçek sıralama düzeniyle bilgi şemasında gösterilmektedir. Araştırma zincirinin kullanımı belirli bir göstergenin değerlendirilmesinde alternatif seçenekleri değerlendirmek ve düşünmek için kullanıcıya izin vermektedir. Bu çalışmada, 3 toprak kalite göstergesinin değerleri iki alternatif araştırma zinciri incelenerek elde edilmiştir. Araştırma zincirleri kullanılan pedotransfer fonksiyonları ve toprak hidrolojik modellerinin seçimiyle ayırt edilmiştir. İki araştırma zinciri için çalışma alanındaki 166 noktanın 30 yıllık ortalamaları kullanılarak 3 gösterge değerlendirilmiştir. Her bir noktada elde edilen gösterge değerleri t-testi ile karşılaştırılmış ve değerler arasındaki farklılıklar verim için önemli bulunmuştur. Verilerin uzaysal ve zamansal değişkenliği her bir araştırma zincirinin yanında her model her adım için analiz edilmiştir. Bu nedenle, araştırma zincirinin seçimi sadece bir göstergenin ortalama değerini etkilemez bununla ilişkili uzaysal ve zamansal değişkenliğin yapısını da etkileyebilir. Uzaysal ve zamansal değişkenlik bilgisi büyük ölçeklendirme amaçları için önemlidir. Bu sonuçlara dayanarak, toprak ve arazi kalite göstergelerinin başarılı şekilde uygulanabilmesi; 1- Ölçek seviyesi, karmaşıklık ve taşınabilirliğe uygun göstergelerin seçimine, 2- Araştırma zincirlerinin tanımlanmasına ve dikkatli seçimine, 3- Araştırma zincirlerinin kullanımına ve gösterge değerlerinin birleştirilerek sunumuna bağlıdır (Hoosbeek and Bouma 1998).

Brejda *et al.* (2000a) tarafından bölgesel ölçekte şimdiki toprak kalite göstergelerinin ve arazi kullanımıyla önemli ölçüde değişen faktörlerin belirlenmesi ile bu faktörler içerisinde seçilecek toprak özelliklerinin bölgesel değerlendirmelerde toprak kalite göstergesi olarak kullanabilmesi amacıyla yapılan çalışmada; merkez ve güney yüksek ovalardaki büyük toprak grupları içerisinde yer alan Ascalon (ince tınlı, karışık, mesic Aridic Argiustoll) ve Amarillo (ince tınlı, karışık, thermic Aridic Paleustalf) toprakları örneklenerek 20 toprak özelliği analiz edilmiştir. Toprak kalite göstergelerini belirlemek amacıyla faktör analizi yapılmış, belirleyici analizleri her bir büyük toprak grubu için arazi kullanımına en fazla duyarlı göstergenin ve faktörlerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Merkez yüksek ovalar için belirlenen 5 toprak kalite göstergesinden organik madde ve renk göstergelerinde arazi kullanımıyla birlikte önemli değişimler belirlenmiştir. Bu çalışmada, belirleyici analizlerle bölgesel ölçekte en fazla duyarlı toprak kalite göstergesi olarak toplam N ve toplam organik C seçilmiş, güney yüksek ovalar için belirlenen 6 toprak kalite göstergesinde ise suya dayanıklı agregat içeriği, toplam organik C ve toprak tuzluluğunda arazi kullanımıyla birlikte önemli değişimler belirlenmiştir. Güney yüksek ovalar için belirleyici analizlerle en fazla duyarlı toprak kalite göstergesi olarak toplam organik C ve suya dayanıklı agregat içeriği belirlenmiş ve toplam organik C içeriğinin her iki bölgede de arazi kullanımıyla önemli değişimler gösteren tek toprak kalite göstergesi olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Brejda *et al.* (2000b) tarafından (1) bölgesel ölçekte farklı popülasyondaki topraklar için toprak kalite göstergelerinin belirlenmesi, (2) arazi kullanımıyla önemli ölçüde değişen faktörlerin belirlenmesi, (3) bu faktörlerden seçilen göstergelerin toprak kalitesini izlemeye ulusal kaynak envanteri ile birlikte kullanılabilmesi, (4) yalnızca tek bir toprak serisini içeren benzer bir çalışma ile bu sonuçların karşılaştırmasını araştırmak amacıyla yapılan çalışmada; Kuzey Mississippi Valley Loess Hills'deki 75 toprak serisinde 186, Palouse ve Nez Perce Prairies'deki 58 toprak serisinde de 149 noktadan alınan örneklerde 20 toprak özelliği analiz edilmiş, toprak kalite göstergelerini belirlemede faktör analizi kullanılmış ve belirleyici analizlerle her bölgede arazi kullanımına en duyarlı göstergeleri belirlenmiştir. Kuzey Mississippi Valley Loess Hills'de belirleyici analizlerle potansiyel mineralize olabilir N, mikrobiyal biokütle C, suya dayanıklı agregat içeriği ve toplam organik C; Palouse ve Nez Perce Prairies'de ise toplam

organik karbon ve toplam N arazi kullanımına en duyarlı özellikler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, dört bölgenin üçünde toprak kalite göstergeleri benzer bulunurken ancak toplam organik C bütün bölgelerde arazi kullanımından etkilenen ortak gösterge olduğu rapor edilmiştir.

Toprak sağlığı; arazi kullanım sınırları ve ekosistem içerisinde bitki ve hayvan verimliliğinin sürdürülmesinde, su ve hava kalitesinin geliştirmesinde veya korunmasında, bitki ve hayvan sağlığının artırılmasında çok önemli bir yaşam sistemi olan toprak fonksiyonunun kapasitesidir. Toprak kalitesinin bireysel bileşenlerindeki ve toprak sağlığında insan etkisiyle ortaya çıkan azalmalar öncelikle ekolojii ilgilendirir. Tarımsal uygulamaların sürdürülebilirliğinin değerlendirmesi için toprak kalitesinin çeşitli göstergeleri kullanılarak toprak sağlığının değerlendirilmesine ihtiyaç duyulur. Toprak canlıları ve canlılara ait parametreler (örneğin miktarı, çeşitliliği, besin ağı yapısı veya topluluğun stabilitesi) yararlı toprak kalite göstergelerinden beş tanesinden fazlasını karşılar. Toprak organizmaları iklim ve arazi kullanım uygulamalarına hassas şekilde yanıt verir. Onlar su tutmayı, besin elementi döngüsü ve ayrışma, zehirlerin detoksifikasyonu, zehirli ve patojenik organizmaların yok edilmesini içeren faydalı toprak ve ekoloji fonksiyonlarıyla iyi seviyede ilişkilidir. Göstergeler anlaşılabilir ve toprak sağlığı ile toprak kalitesinin en büyük sorumluları olan arazi yöneticileri için faydalıdır. Toprak solucanları, böcekler ve küfler gibi görülebilir canlılar bu kıstasları eskiden beri karşılarlar. Sonuç olarak, göstergelerin ölçümleri ucuz ve kolay olmak zorundadır ancak toprak canlılarının ölçülmesi için karmaşık sınıflandırma bilgisine ihtiyaç vardır. Toprak kalitesi ve sağlığı yönetimi için bazı çiftçi katılımı programlar bilinen cansız ve basit canlı göstergelere sahiptir (Doran and Zeiss 2000).

Carter (2002) tarafından belirtildiğine göre, Kanada sürdürülebilir arazi yönetim çalışmalarında toprak organik maddesinin izlenmesi ve sürdürülebilir toprak fonksiyonları için toprak organik maddesi ile agregatlaşmanın katkılarının tanımlaması amaçlanmıştır. Toprak kalitesi üzerine Kanada'daki çalışmalara 1980'lerin başlarında başlanmış, toprak organik madde ve agregat stabilitesi kayıpları sürdürülebilir olmayan toprak kullanımının standart özellikleri olarak görülmüştür. Sonraki çalışmalarda şu mantıksal sıralama kullanılarak toprak organik maddesi değerlendirilmiştir: Toprağın amacı ve fonksiyonu,

süreçleri, özellikleri ve göstergeleri, metodolojisi. Bu toprak kalite iskeletindeki adımların azaltılması toprak özelliklerinin kritik sınırlarının ve standardizasyonun sorgulanması için yapılmıştır. Şu anda toprak organik maddesinin kritik sınırları belirli toprak özellikleri veya toprak verimliliği, üretkenlik ve erozyona duyarlılık gibi fonksiyonlar ile toprak organik maddesi arasındaki ilişkilerden deneysel sonuçlara dayalı veya yaygın şekilde kabul edilen referans değerler kullanılarak belirlenmektedir. Makro organik madde, ince fraksiyon, mikrobiyal biokütle ve mineralize olabilir C gibi organik madde fraksiyonları toprak organik maddesinin kalitesini belirlemektedir. Bu fraksiyonlar bazı toprak fonksiyonları ve süreçleri için biyolojik öneme sahiptir ve toplam toprak organik maddesindeki değişimlere duyarlı göstergelerdir. Toplam toprak organik maddesi toprak sıkışabilirliğini ve toprak su tutma kapasitesini etkilerken; agregatlaşmış toprak organik maddesi su ve hava infiltrasyonunu düzenleyerek besin elementlerini korur, toprak permeabilite ve erozyon duyarlılığını etkileyerek toprak fonksiyonlarını geliştirir. Organik madde girdileri, kum boyutundaki makro organik madde dinamikleri ve toprak agregatlaşma süreçleri toprakta organik madde fonksiyonlarını düzenleyen ve koruyan önemli faktörlerdir.

Braimoh and Vlek (2004) tarafından ülke topraklarının % 40'ından fazlasını oluşturan ve insanların % 80'inden fazlasının çiftçilikle uğraştığı Gana'nın kuzey bölgesi topraklarında, bölgede hâkim bitki türü olan ve son birkaç yılda sürekli olarak azalan mısır ekim alanı topraklarını değerlendirmek ve mısır ekilen alanları etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, sosyoekonomik analizlerle toprak incelemesini birleştiren yeni bir teknik benimsenmiştir. Bu çalışmada, toprak örneklerinin farklı üst toprak tiplerinden toplandığı, laboratuarda fiziksel ve kimyasal özelliklerin analiz edildiği ve toprak kalite indeksinin belirsiz hatları belirleme tekniği (fuzzy set technique) kullanılarak her bir örnekleme lokasyonu için üretilerek toprak kalitesinin uzaysal interpolasyonun kriging yöntemiyle yapıldığı belirtilmiştir. Ürün verimini etkileyen faktörleri belirlemek için, 20 köyde 237 evde hane halkına hazırlanan anketlerdeki sorular yöneltildiği ve arazileri etkilediği kabul edilen değişkenler ve mısır tarlaları arasındaki ilişkiler ikili değişken ve doğrusal çoklu regresyonlar kullanılarak belirlendiği bildirilmiştir. Toprak kalitesi ve gübre kullanımının mısır alanlarını etkileyen en önemli faktörler olduğu, toprakta organik C, katyon değişim kapasitesi ve kil miktarı verimi kısıtlayan temel toprak özellikleri

olarak belirlenirken, toplumsal bilgiler ve ticari faktörler önemi daha az olan değişkenler olarak tespit edildiği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Araştırma sonunda, toprakların su tutma ve besin elementi kapasitesini geliştirmek ve toprak organik maddesini korumaya yönelik toprak yönetim teknikleri üzerine vurgular yapılarak tavsiyelerde bulunulmuştur.

Gana'nın kuzeyinde tarımsal arazi kullanım planlamasında, toprak kalitesinin yönetimi ve değerlendirmesinin çoğu arazi kullanımları arasında arazinin rekabetini artırması açısından önemli olduğu ve toprak özellikleri hakkında karşılıklı bilgi gerektirdiği Braimoh *et al.* (2005) tarafından belirtilmiş, değişkenler üzerine arazi kullanımının etkisi ve toprak değişkenleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; toprak değişkenleri arasındaki birçok ilişkiyi araştırmak için geleneksel korelasyon, geleneksel rastlantı değişkenlerinin uzaysal değişkenliği analizi için regresyon kriging, ekili ve doğal vejetasyonlarda meydana gelen olasılıkları tahmin için de indikatör kriging uygulanmıştır. Bu çalışmada, geleneksel rastlantı değişkeninin üçlü çifti olarak toprak organik karbonu-katyon değişim kapasitesi, kil-pH ve drenaj-renk etkileşimleri belirlenmiş ($P < 0.05$), sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenlerdeki değişimin % 58 ve % 73'ü açıklanmıştır. Birinci çift olan toprak organik karbonu-katyon değişim kapasitesi ekili ve doğal vejetasyondaki değişimin en az % 23'ünü açıklamada en önemli olurken, ikinci çift kil-pH ilişkisi doğal vejetasyonda ve ekili alanlarda ise üçüncü çift olan kum-renk interaksiyonu olduğu bildirilmiştir. Geleneksel korelasyon yönteminin toprak değişkenleri ve toprak işleme arasında ilişkileri ne derecede ortaya koyabileceği görülürken, jeostatistiksel yöntemler arazi kullanımı ve toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin açıklanmasında daha uzak tamamlayıcılar olduğu araştırma sonucu olarak rapor edilmiştir.

Braimoh and Vlek (2006) tarafından inanılmaz yağış miktarı, düşük toprak verimliliği ve verim sapmasına neden olan düşük seviyeli girdilerin sonucu olarak gıda güvenliğinin alt sahra Afrika'sında çok önemli bir konu olduğu belirtilerek, durum çalışması olarak Kuzey Gana'da mısır bitkisini etkileyen birçok önemli değişken araştırılmıştır. Araştırma sonucunda mısır bitkisi için toplumsal veri kümesiyle toprak kalite indeksi birleştirilerek, belirlenen 5 önemli değişken toprak kalite indeksi, gübre kullanımı, aile büyüklüğü, büyük marketlere uzaklık ile toprak kalite indeksi ve nadas uzunluğu arasındaki interaksiyonun $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunduğu rapor edilmiştir. Toprak kalite

indeksi ve nadas arasındaki interaksyonun mısır bitkisi üzerine etkisi negatif olurken, topraklarda N immobilizasyonu ve sap kalitesine etkisinin olumlu olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

2.3.1 Toprak kalitesinin fiziksel göstergeleri

Jacquez *et al.* (1996), toprak su tutma eğrisi (pF) ve doymuş koşullarda hidrolik iletkenlik değerlerini toprak profilinde üç horizontda ölçmüşler ve bunların uzaysal değişkenliğini iki ayrı ölçüm faktör seti (PSI ve K_s) ile tanımlanmışlardır. Her iki ölçüm faktörü logaritmik normal dağılım göstermiştir. Dönüştürülmüş verilerin ölçüm faktörleri varyansı düzenli olurken, ortanca değeri hem yatay hem de dikey yönde düzensizlik göstermiştir. Büyük ölçek değişimleri Ap horizonunda K_s parametreleri, C₂ horizonunda PSI parametreleri için toplam gözlenen değişiklikte önemli dağılım göstermiştir. Ölçüm parametreleri için uzaysal yapı sadece bu iki durum için gözlenmiştir. Diğer tüm durumlar için herhangi bir uzaysal bağımlılık oluşmamıştır.

Mallants *et al.* (1996), toprakların doymamış hidrolik özelliklerine, değişik şekillerde doymuş olan toprakların su akış ve çözelti taşınımının hesaplaması sırasında ihtiyaç duyulduğunu belirttikleri çalışmalarında, su tutma modelinin tahmin edilen parametrelerinin uzaysal değişkenliğini ve uzaysal çapraz korelasyonunu belirlemek istemişlerdir. Su tutma karakteristik eğrileri 31 m uzunluğundaki transekt üzerinde 180 yerde 10, 30, 90 cm olmak üzere toprak profilinin üç farklı derinliğinden alınan 100 cm³'lük toprak örneklerinde ölçülmüştür. Yatay yönde örnekleme aralıkları sırasıyla 10 ve 90 cm olarak alınmıştır. Doymuş hidrolik iletkenlik (K_s) sabit başlı permeametre kullanılarak belirlenmiştir. Toprak su tutma karakteristiklerinin kuru kısmı θ_r , θ_s , α ve n parametreleriyle ayarlanan van Genuchten'in dört parametrelilik su tutma modeliyle tanımlanmıştır. Beş parametrenin (θ_r , θ_s , α , n ve K_s) uzaysal değişkenliği geleneksel istatistik ve jeostatistik teknikleri kullanılarak üç derinlik için araştırılmıştır. En yüksek değişkenlik katsayısı (CV) K_s için 10, 30 ve 90 cm derinlikte sırasıyla % 599, % 322 ve % 897 olarak bulunmuştur. K_s 'nin bu yüksek değişkenliği makroporlara ve küçük örnekleme hacmine bağlanmıştır. Bütün toprak derinlikleri dikkate alındığında artan su içeriği θ_r ile

şekil faktörü α sırasıyla % 156 ve % 53'lük en yüksek değişkenlik katsayılarıyla orta derecede farklılık göstermiştir. Küçük uzaysal farklılık, şekil faktörü "n" ve doymuş su içeriği θ_s için sırasıyla 10 cm derinlikte % 22; 90 cm derinlikte ise % 8 maksimum CV ile elde edilmiştir. Farklı derinliklerdeki çoğu hidrolik parametresi 4 ve 7 m arasında uzaysal değişime sahip küresel model olarak tanımlanan dışbükey deneysel variogramlar sergilemiştir.

Erşahin (1999), Tokat-Kazova'da yer alan 8.5 ha'lık aluviyal bir tarlada (Typic Ustifluent) bazı önemli fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini belirlemiştir. Tarla üzerinde grid örnekleme yöntemine göre belirlenen toplam 140 noktada üst (0-30 cm) ve alt (30-60 cm) topraklardan alınan toprak örneklerinde (toplam 280) bazı önemli fiziksel ve kimyasal özelliklere ait temel istatistikleri hesaplamış ve daha sonra jeostatistiksel yöntemleri kullanarak bu özelliklere ait variogram strüktürlerini belirlemiş ve yorumlamıştır. Genellikle, alt toprakların üst topraklara göre daha değişken olduğunu; en fazla değişkenliği gösteren özelliklerin üst topraklarda KDK (% CV= 30.75), alt topraklarda ise organik madde kapsamı (% CV= 61.19) olduğunu belirtmiştir. Külçe etkisinin gerek üst gerekse alt topraklarda fazla olmasını, toprakların kısa yapısal uzaklıklarda fazlaca değişkenlik sergilediği şeklinde açıklamıştır. Genelde, üst toprak özelliklerinin uzaysal bağımlılığının alt topraklara göre daha kısa yapısal uzaklıkta olduğunu belirlemiştir. Uzaysal bağımlılığın KDK ve hacim ağırlığı değerleri için gerek üst ve gerekse alt topraklarda uzun yapısal uzaklıklarda (KDK için alt ve üst topraklarda 600 m; hacim ağırlığı için üst topraklarda 520 m, alt topraklarda 550 m), toprakların yarayışlı su içeriği (üst topraklar için 150 m, alt topraklar için 290 m) ve kil kapsamı için (üst topraklarda 180 m, alt topraklarda 200 m) daha kısa yapısal uzaklıklarda değiştiğini belirtmiştir.

Needelman *et al.* (1999), Illinois'de Mollisol ve Alfisollerde partikül organik madde, potansiyel mineralize olabilir N ve toprak mikrobiyal biokütle miktarını belirleyerek toprak organik maddesi üzerine toprak işleme ve tekstür interaksiyonunun etkileri değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, 1995 ve 1996 yıllarının ilkbahar ve yaz aylarında en az 5 yıl süreyle geleneksel toprak işleme ve sıfır toprak işleme yönetimlerinin uygulandığı 36 alandan toprak örneklerini almışlardır. Her bir arazide 0-15 cm derinlikte sıfır toprak

işlemeli arazilerin geleneksel toprak işleme uygulanan arazilerden % 15 (3.0 g C kg^{-1} toprak) daha fazla toprak organik maddesi kapsadığını, bunun yanında 5-15 cm veya 15-30 cm derinlikteki toprak işlemenin organik madde içeriğini etkilemediğini belirtmişlerdir. Sıfır toprak işleme uygulanan toprakların 0-5 cm derinlikte % 33 daha fazla partikül organik madde (1.4 g C kg^{-1} toprak) ve % 54 daha fazla mineralize olabilir N içerdiğini, 0-15 cm derinlikte partikül organik madde ve 0-30 derinlikte mineralize olabilir N içeriği üzerine ise toprak işlemenin etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Ortalama partikül organik madde içeriğinin sıfır toprak işleme uygulanan topraklarda 5-15 cm derinlikte geleneksel toprak işleme uygulanan topraklara göre % 29 (0.73 g C kg^{-1} toprak) daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Kum içeriği 50 g kg^{-1} 'in altındaki topraklarda 0-5 cm derinlikte sıfır toprak işlemenin geleneksel toprak işlemeye göre daha fazla organik madde, toplam N, partikül organik madde ve 5-15 cm derinlikte daha düşük partikül organik madde içerdiğini belirtmişlerdir. Kum içeriği 50 g kg^{-1} 'in üzerindeki topraklarda ise toprak işleme uygulamalarının organik madde, toplam N ve partikül organik madde içeriklerini etkilemediğini belirtmişlerdir.

van Es *et al.* (1999), toprak hidrolik özelliklerinin uzaysal, zamansal ve yönetim süreçleriyle ilişkili olarak birçok değişkenlik kaynağına sahip olduğunu ve değişkenliğin baskın kaynağı olarak toprak tekstürünün düşünülebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmayla değişkenliğin kaynakları uzaysal ve zamansal faktörler ile yönetimsel faktörlerin çoklu ölçeklerdeki önem ilişkilerini değerlendirmişlerdir. Killi tın ve siltli tın topraklar üzerine New York'ta iki yerde ve siltli tın ve kumlu tın topraklar üzerinde Maryland'da iki yerde benzer arazi denemeleriyle pullukla toprak işleme ve sıfır toprak işleme uygulamalarının değişkenlik kaynaklarını üç yıl süreyle araştırmışlardır. İnfiltrasyon, permeametrelerin kullanıldığı 2054 ölçümle belirlenirken, Campbell'in *a* ve *b* parametrelerini 875 toprak derinlik örneğinden su tutma verilerine dayanarak belirlemişlerdir. Varyans bileşen analizleriyle yerler arasındaki farklılıkların *a* (CV = % 44) ve *b* (CV = % 23) için en önemli değişkenlik kaynağı olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. İnfiltrasyondaki değişkenliğin (CV = % 10) en önemli kaynağı olarak toprak işleme uygulamalarını göstermişlerdir. Bütün özellikler için zamansal değişkenliği arazi ölçeğinde uzaysal değişkenlikten daha önemli bulmuşlardır. Zamana ve toprak işlemeye ait etkiler orta ve hafif tekstürlü topraklar için istatistiksel olarak önemli bulunurken, başlangıçtaki toprak

nem koşullarının da önemli olduğunu bildirmişlerdir. Tarımsal arazilerde toprak hidrolik özelliklerinin değişkenliğinin yalnızca toprak tipine bağlı olmadığını, onunla birlikte toprak yönetim faktörlerinin de önemli olduğunu belirtmişlerdir. İnfiltrasyon için zamansal faktörlerin de açık bir şekilde bilinmesine gerek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca önyargılı sonuçlardan kurtulmak için örnekleme yöntemlerinin değişkenliğin önemli kaynakları olan toprak yönetimi ve zamansal süreçlerini yeterli şekilde tanımlaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Toprak özelliklerinin korelasyon ve uzaysal dağılım analizleri hassas tarım için önemlidir. Klučov'daki bir tarımsal arazide toprak özelliklerinin karşılıklı korelasyonları (hem klasik hem de uzaysal) ve uzaysal dağılım analizleri Boruvka *et al.* (2002) tarafından incelenmiş, kil ve silt içeriği, pH, organik karbon içeriği, nem, toplam porozite, kapillar porozite, ıslak, kuru ve mekaniksel sıkışmaya maruz kalan agregat katsayıları belirlenmiştir. 206 m'den (kil içeriği) 1120 m'ye (mekaniksel sıkışmaya maruz kalan agregat katsayısı) değişen variogram aralıkları belirlenmiştir. Toprak özellikleri arasındaki çoğu ilişkinin uzaysal temelli olduğu bildirilmiştir. Silt ve organik karbon içeriğinin üç agregat katsayısının tamamını kontrol eden en önemli toprak özellikleri olduğu belirlenmiştir. Uzaysal dağılımdaki benzerlikler ve belirlenmiş uzaysal korelasyonların, bölgeye özel yönetimler için farklı yörelerin tanımlanmasında ön hazırlık hizmeti verebileceği araştırmacılara tarafından rapor edilmiştir.

Reynolds *et al.* (2002), kum (Psammentic Hapludalf), tın (Mollic Hapludalf) ve killi tın (Typic Argiaquoll) topraklar üzerinde yürütülen uzun süreli geleneksel toprak işlemeyle yetiştiricilik, uzun süreli toprak işlemesiz yetiştiricilik ve bakir orman arazisi uygulamalarından elde edilen parametrelerin karşılaştırılmasıyla bazı toprak fiziksel kalite parametrelerinin en uygun değerlerinin belirlenmesi yönünde ilerlemeler yapılabileceğini tasarlamışlar ve bu amaçla 0-10 cm derinlikten 10 cm çapında bozulmamış toprak profil örnekleri toplayarak, toprak fiziksel kalite göstergelerinden organik C, hacim ağırlığı, porozite, hava kapasitesi, tarla kapasitesi, solma noktası ve bitkiye yarayışlı su kapasitesini standart laboratuvar yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Toprak tiplerine bakılmaksızın, organik C içeriği, porozite ve hava kapasitesinin bakir orman arazisine göre geleneksel toprak işleme ve sıfır toprak işleme altında % 12-74 azalırken, hacim ağırlığının % 28-56

arttığı belirtilmiştir. Tarla kapasitesi, solma noktası ve bitkiye yarayışlı su içeriği parametrelerinin orman toprağı, geleneksel toprak işleme ve sıfır toprak işleme arasında birbiriyle uyumlu olmayan farklılıklar gösterdiği rapor edilmiştir. Burada ölçülen parametrelerin herhangi biriyle ilgili olarak olumsuzluk veya sıfır toprak işlemenin geleneksel toprak işlemeye karşı avantajları baskın olmamıştır. Araştırmacılar, orman arazisi yönetimindeki tınlı ve killi tın toprakların organik C, hacim ağırlığı, hava kapasitesi, bitkiye yarayışlı su kapasitesi gibi toprak fiziksel kalite parametrelerine ait sınırları ve en uygun değerleri belirlemişlerdir.

Sanchez-Maranon *et al.* (2002) tarafından İspanya'nın güneyinde üç doğal çevreden (Xerolls, Xerepts, and Cryepts) alınan 47 toprak örneğinde, arazi kullanımının toprak kalitesinin çevresel bileşenleri üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada; her bir çevreye ait toprak gruplarında geleneksel arazi kullanımı ile doğal alanlar karşılaştırılmış ve fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerindeki oransal değişimlerin ölçülmesiyle toprak kalitesindeki değişimler belirlemiştir. Xerepts içerisinde yer alan bütün sulanan teraslar, yağışlarla sulanan ekili alanlar, meralar ve otlatılan makilik araziler ile doğal alanların karşılaştırılmasında değişimlerin önemli bulunduğu ($P < 0.05$) rapor edilmiştir. Bütün durumlarda, toplam porozite, makroporlar ve KDK sırasıyla % 18, % 30 ve % 48'den daha fazla azalırken, toprakların erozyona duyarlılığında sulanan teraslar dışında % 59'dan fazla artışlar gözlemlendiği bildirilmiştir. Mera ve makilik arazilerde toprak organik C, yarayışlı su, toplam N ve köklenme derinliğinde sırasıyla % 37, % 52, % 65 ve % 68 oranında azalmalar olduğu araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Bu değişimlerin strüktürel bağlayıcıların yok edilmesiyle ve/veya toprak sıkışmasıyla toprağın çevresel koruyucu fonksiyonları üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bildirilmiştir. Görüntülerin elektron mikroskobu ile taranmasıyla mikro agregatlardaki bu morfolojik değişimlerin doğrulandığı ve Cryepts veya iğne yapraklılarla ağaçlandırılan orman arazilerindeki meralar ile ekili alanlarda ise benzer değişimlerin olmadığını yapılan çalışma sonunda belirlemişlerdir.

Abreu *et al.* (2003) tarafından sıfır toprak işleme yapılan Typic Hapludalf'ta doymuş hidrolik iletkenlik (K_s), toprak mekaniksel direnci (R), toprak tekstürü ve A horizonu derinliği ile buğday verimi ve hektolitre ağırlığının uzaysal değişkenliğini belirlemek

amacıyla yapılan çalışmada; 1999 yılı kışında sıfır toprak işlemeyle buğday ekimi yapılan 1.51 ha'lık bir arazi üzerinde deneme kurulmuş, toprak ve bitki nitelendirmesi 10 m mesafeli örnekleme noktalarıyla doğu-batı yönünde 100 m'lik 5 transekt üzerinde yapılmıştır. Toprak mekaniksel direnç değerlerinin 5, 7.5, 10 ve 15 cm derinlikleri için ve A horizonu derinliğinde normal dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Doymuş hidrolik iletkenlik, 30 cm derinlikte toprak mekaniksel direnci, kil içeriği ve A horizonu derinliğinin küresel variogram modeliyle, 2.5 ve 5 cm derinlikte toprak mekaniksel direnci, kil ve silt içeriği ile buğday verimi ve hektolitreye ağırlığının üstel variogram modeliyle modellendiği bildirilmiştir. 7.5, 10, 12.5, 15 ve 17.5 cm derinliklerinde toprak mekaniksel direnci için variogramların saf külçe etkisi gösterdiği ve bu derinliklerde araç trafiği ve önceki toprak yönetim etkilerinin önemli olduğu rapor edilmiştir. Buğday verimi ve hektolitreye ağırlığının, doymuş hidrolik iletkenlik ve toprak mekaniksel direnci ile ilişkili olmadığı ve 5 cm'den daha derin toprak seviyeleri için toprak mekaniksel direncinin uzaysal değişkenliği değerlendirilirken örnekleme noktaları arasındaki mesafenin 10 m'den daha küçük olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Abreu *et al.* 2003).

Tarımsal yönetim uygulamaları konum ve zaman süreçleri ile toprak hidrolik özelliklerini önemli şekilde etkileyebilir. Bu cevaplar infiltrasyon, yüzey akış, erozyon, kimyasal hareket ve bitki gelişim süreçleriyle ilişkilendirilebilir. Çevre ve verim üzerine toprak özelliklerinin etkilerinin modellenmesi için toprak özellikleri üzerine yönetimin etkilerinin tahmin edilmesi ve miktarının belirlenmesi gerekir. Toprak işleme ve tekrar birleşme, araç lastikleriyle toprak sıkışması, ürün atık yönetimi, makropor gelişimi ve topografya gibi değişkenliğin doğal kaynaklarıyla yönetim interaksiyonlarının etkileri tanımlanmıştır. Doğrudan veya dolaylı olarak yapılan arazi çalışmaları, toprak işleme, ürün rotasyonu ve atık yönetimi gibi uygulamalar arasındaki interaksiyonları içerir. Trafik ekipmanlarının kontrol edilmesinin toprak sıkışması üzerine önemli etkilere sahip olduğu görülürken bazı topraklar ve iklimlerde hidrolik özelliklerle ilişkili olmuş ancak diğerlerinde yeryüzü şekillerine ve zamansal değişimlere araç lastiklerinin herhangi bir etkisi olmamıştır (Green *et al.* 2003).

Vieira and Gonzalez (2003), Sao Paulo eyaletinde iki farklı toprak/iklim koşulunda zamanın bir fonksiyonu olarak toprak işlemez tarım altında ürün veriminin ve toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğini araştırmışlardır. Her biri yaklaşık 1 ha olan ve sırasıyla mısır, soya, pamuk, yulaf, siyah yulaf, buğday, çavdar, pirinç ve yeşil gübreyi içeren ürünlerin ekildiği iki bölgede ölçümler gerçekleştirmişlerdir. 10 m'lik gridler üzerinde toprak verimliliği, toprak fiziksel özellikleri ve ürün verimini belirlemişlerdir. Koyu kırmızı Latossol (Oxisol) ve kırmızı sarı Latossol (Ultisol) olan toprakların örneklemesini ürünün yaz hasadından sonra her bir arazide her iki yıl da gerçekleştirmişlerdir. Ürün verimliliğini 2.0x2.5 m'lik alt parsellerde her bir ürün dönüşümünün sonunda ölçmüşlerdir. Kontur harita üretimi için verileri variogram analizleri ve kriging interpolasyonunu kullanarak analiz etmişlerdir. Verim haritalarını; verim değişkenliğini, verim bileşenlerinin değişkenliğini ve ilişkili toprak özelliklerini gözle görülür şekilde karşılaştırmak için oluşturmuşlardır. Sonuçlar bir üründen diğerine verim değişkenliğini etkileyen faktörleri göstermiştir. Bir yıldan diğerine verimdeki değişimler değişkenliğin nedenlerinin zamanla değişebileceğini göstermiştir. Soya verimi ve yapraklardaki fosfor düzeyleri arasındaki çapraz variogramda zamanla meydana gelen değişimleri bu sonucun bir diğer kanıtı olarak değerlendirmişlerdir.

Topraklar doğal süreçler ve amenajman uygulamalarının farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde etkilerinin sonucu değişkenliğe sahiptirler. Akbaş (2004) tarafından daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanan Entisol ordosuna ait bir arazide, toprak özelliklerindeki değişimleri geleneksel ve jeostatistiksel yöntemlerle belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; dört farklı üniteyi içine alan 400x800 m boyutlarında bir alandan örneklem yapılmıştır. Toplam 512 toprak örneğinin 25x25 m grid örneklem düzeniyle 0-30 cm derinlikten alındığı, değişkenlik katsayısı değerlerine göre en yüksek değişkenlik gösteren toprak özelliğinin organik madde ve en düşüğün ise toprak pH'sı olduğu belirtilmiştir. Tüm alanda normal dağılım gösteren tek toprak özelliğinin değişebilir potasyum (K) olduğu, çalışma alanı haritalama ünitelerine bölündüğünde normal dağılım gösteren toprak özelliği sayısının arttığı rapor edilmiştir. ANOVA ve LSD testi sonuçlarına göre, kil içeriği bakımından tüm harita ünitelerinin birbirinden farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Çalışma alanında en fazla sayıda korelasyon katsayısı değerinin tüm alandan yapılan değerlendirme sonucunda bulunduğu, jeostatistiksel değerlendirmede en yüksek

yapısal uzaklık değeri (370 m) değişebilir Ca'dan, en düşük yapısal uzaklık değeri (26 m) ise değişebilir Na'dan elde edildiği ve tüm özellikler için ortalama yapısal uzaklık değeri 250 m olduğu belirtilmiştir. Değişebilir Na ve kil harici diğer özelliklere ait variogram modellerinin küresel olduğu ve yönsel değişimin Yeşilirmak'a dik yönde en yüksek bulunduğu araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.

Gölbaşı Özel Çevre Koruma alanı ve yakın çevresi topraklarının mühendislik-fiziksel özellik ilişkilerini ve uzaysal yapılarını jeostatistiksel yöntemleri kullanarak belirlemek amacıyla Başkan (2004) tarafından iki aşamalı yürütülen çalışmada; ilk olarak profil örneklerinin analiz edildiği ve yüksek istatistik ilişkisi gösteren ($P < 0.01$) toprak mühendislik-fiziksel özelliklerinin ikinci aşamada kullanılmak üzere seçildiği belirtilmiştir. İkinci aşamada jeostatistik analizde kullanmak için 45 km^2 'lik alanda $500 \times 500 \text{ m}^2$ 'lik aralıklarla grid geçirilerek 221 adet, araştırma alanının çeşitli yerlerinden ise 89 adet yüzey örnekleme (0-20 cm) yapıldığı ve toprak örneklerinde kıvam limitleri ile kil kapsamı arasında önemli ($P < 0.01$) pozitif, kum kapsamıyla önemli ($P < 0.01$) negatif ilişkiler saptandığı, silt kapsamı ile kıvam limitleri arasında herhangi önemli bir ilişki belirlenemediği bildirilmiştir. Tüm toprak özellikleri için deneysel variogramlar oluşturulduğu, toprak özelliklerinin küresel tip variogram modeliyle temsil edilebileceğine ve çapraz doğrulama analiz sonuçlarıyla modellerin çalışma alanının uzaysal yapısını doğru olarak yansıttığına karar verildiği rapor edilmiştir. Toprak özelliklerinin dağılım haritaları, tanımlanan deneysel variogramlar kullanılarak blok kriging yöntemiyle elde edildiği ve sonuçların silt dışında tüm toprak özelliklerinin topografya ile belirgin bir ilişki gösterdiği araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur.

Topraklar ve özellikleri zamanla çevresel faktörlerin etkisi sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedir. Kısmen belirleyici olan modellerle topraklardaki bu değişkenlik gösterilebilmektedir. Yaklaşık 3 ha'lık bir alanda toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlemek amacıyla Yetgin (2004) tarafından yapılan çalışmada; 0-30 cm derinlikten alınan örneklerde laboratuvarda kil, silt, kum içerikleri, doymuş hidrolik iletkenlik (K_s), hacim ağırlığı (HA), gözeneklilik (f), tarla kapasitesi su içeriği (TK), solma noktası su içeriği (SN), bitkiye yarayışlı su içeriği (BYS), CaCO_3 , pH, organik madde ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri belirlenmiştir.

Laboratuarda elde edilen sonuçlar kullanılarak, her bir toprak özelliği için tanımsal istatistik yapıldığı, toprak özelliklerinin arazideki uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle analiz edildiği ve bu amaçla önce deneysel variogramların elde edildiği, daha sonra elde edilen deneysel variogramları temsil edecek en uygun teorik variogramlar belirlendiği bildirilmiştir. Toprak özelliklerinde en yüksek değişkenliğin CaCO_3 (% 42) ve doymuş hidrolik iletkenlikte (% 60), en düşük değişkenliğin ise toprak pH'sında (% 1) belirlendiği, en uzun yapısal uzaklığın 137.5 m ile gözeneklilikte, en kısa yapısal uzaklığın ise 24.9 m ile hidrolik iletkenlikte bulunduğu rapor edilmiştir.

Iqbal *et al.* (2005), belirli bölgelerde tarımsal üretim açısından toprakların uzaysal değişkenliğinin önemini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışmayla toprak fiziksel özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin derecesini belirleyerek, aluviyal taşkın ovası topraklarının örnekleme aralığını modellemeyi amaçlamışlardır. 18 paralelli transektlerde toprak profilleri ($n = 209$) ortalama 79.4 m ayrıma mesafesi ile yüzey, yüzeyaltı ve derinlik horizonları şeklinde sınıflandırılarak örneklendiği ve toprak hacim ağırlığı, kum, kil, doymuş hidrolik iletkenlik, altı basınç potansiyelinde (1, 10, 33, 67, 100, 500 ve 1500 kPa) hacimsel su içeriğinin yapısal analizleri yüzey, yüzeyaltı ve derinlik olmak üzere üç horizon için modellendiği bildirilmiştir. Toprak fiziksel özellikleri değişiminin % 0.01 ile en düşük hacim ağırlığında, % 1542 ile en yüksek doymuş hidrolik iletkenlikte gerçekleştiği, LSD testinin kum, kil, hacim ağırlığı, doymuş hidrolik iletkenlik ve çeşitli basınç potansiyellerindeki hacimsel su içeriğinde önemli farklılıklar gösterdiği ($P < 0.05$) rapor edilmiştir. Her bir değişkenin yapısal variogramları hassas ölçeklendirilerek kriging haritalarının oluşturulmasında kullanıldığı, yapılan kapsamlı otokorelasyon sonucu kum, silt ve kile ait uzaysal yapının belirlenmesinde 400 m örnekleme mesafesinin, toprak hidrolik özellikleri ve hacim ağırlığı için ise 100 m örnekleme mesafesinin yeterli olabileceğinin görüldüğü bildirilmiştir.

Doymuş hidrolik iletkenlik (K_s), çözünmüş maddelerin taşınması ve su akışına etkisi nedeniyle önemli bir toprak hidrolik özelliğidir. Büyük ölçekli modelleme çalışmalarında, K_s verilerinin doğru ve yeterli şekilde belirlenmesi son derece yüksek uzaysal değişkenliğinden dolayı her zaman zordur. Zeleke and Si (2005) tarafından K_s 'nin değişkenliğinin tanımlamasında ihtiyaç duyulan monofractal veya multifractal yaklaşımları

ve geniş aralıklı ölçekler karşısında K_s 'nin uzaysal dağılımını en iyi yansıtan toprak özelliğini belirlemek amacıyla, Kanada Smeaton'da 384 m'lik bir transekt boyunca doymuş hidrolik iletkenlik ve toprak fiziksel özellik verileri toplanmıştır. Ölçek değişkenliği ve gözlemlenen ilişkilerin istatistiksel ve jeostatistiksel yöntemler kullanılarak incelendiği, değişkensiz ölçek istatistiklerinin Hurst ölçekleme göstergesiyle (H) değerlendirildiği, çoklu ölçek değişkenliği ve ilişkilerin multifractal ve birleşik multifractal teknikleri kullanılarak çalışıldığı belirtilmiştir. Gözlenen ölçekte, K_s 'deki değişkenliğin kum ve silt dağılımıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde ilişkili (kum için $R=0.40$, silt için $R=0.39$, $P<0.01$, $n=128$) ve geniş aralıklı ölçekler karşısında K_s 'nin yalnızca kil ve organik C ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçların K_s ve toprak fiziksel özellikleri arasındaki ilişkilerin ölçeğe bağlı olduğunu gösterdiği rapor edilmiştir.

Duffera *et al.* (2006) tarafından Güneydoğu Amerika kıyı sahil ova topraklarında arazi ölçeğinde toprak fiziksel özelliklerinin düşey ve yatay uzaysal değişkenliğinin toprak haritalama birimleriyle ilişkilerini araştırmak amacıyla Kinston'da 12 ha'lık bir arazi üzerinde yürütülen çalışmada, 1:2400 ölçeğinde arazide üç toprak harita birimi (Norfolk tınlı kum, Goldsboro tınlı kum, Lynchburg kumlu tın) tanımlandığı ve bu toprakların Güneydoğu Amerika kıyı sahil ovalarındaki çiftliklerin milyonlarca hektarını temsil ettiği bildirilmiştir. 60 noktada toprak profil örneklerinin beş farklı derinliğe ayrılarak yaklaşık 1 m derinlikten örneklendiği ve toprak tekstürü, tarla kapasitesi, solma noktası, bitkiye yarayışlı su, doymuş hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı ve toplam porozite ile her bir örnek noktasında penetrometre ölçümlerinin yapıldığı belirtilmiştir. Yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde; variogram ve temel bileşen analizlerinin toprak fiziksel özelliklerini iki kategoriye ayrılabilceği, birinci kategorinin arazi içindeki değişkenliğin çoğunluğunu tanımlamakta ve tane büyüklük dağılımı (toprak tekstürü), tarla kapasitesi, solma noktası, bitkiye yarayışlı su ve cone indeksini içermekte olduğu rapor edilmiştir. Bu parametrelerin özellikle, kumlu tın ve ince tın topraklar arasında bölünmeyle ve toprak haritalama birimleriyle yakalanabilen yatay uzaysal yapıyı gösterdiği, değişkenlerin ikinci sınıfını hacim ağırlığı, toplam porozite ve doymuş hidrolik iletkenliğin oluşturduğu ve bu özelliklerin ise arazide uzaysal olarak ilişkilendirilemeyeceği ve toprak haritalama birimleriyle ilişkili olmadığı bildirilmiştir.

Oquist *et al.* (2006), tekstür, organik C içeriği, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi ve doymuş hidrolik iletkenliği içeren toprak fiziksel özellikleri üzerine alternatif ve geleneksel çiftçilik uygulamalarının etkilerini araştırdıkları çalışma sonucu, alternatif ve geleneksel yönetim sistemlerinin uygulandığı alanların toprak C içerikleri arasında önemli farklılıklar bulunmadığını rapor etmişlerdir. A horizonunda hacim ağırlığının, alternatif yönetim uygulamaları altındaki topraklarda (1.39 g cm^{-3}) geleneksel yönetim uygulaması altındaki topraklara (1.43 g cm^{-3}) göre % 3 daha düşük olduğu belirtilmiştir. Doymuş hidrolik iletkenliğin alternatif yönetim uygulamasında (45.5 cm d^{-1}) geleneksel yönetim uygulamasına (18.1 cm d^{-1}) oranla daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak önemli bulunduğu bildirilmiştir. Hidrolik iletkenlikteki farkların düşük eğimli topraklarda orta eğimli topraklara göre daha yüksek olduğu, Campbell'in su tutma eşitliğindeki b değerinin A, B ve C horizonlarında alternatif yönetim uygulamalarında daha düşük bulunduğu ve farkın istatistiksel olarak önemli olduğu, B ve C horizonlarındaki b değerinin düşük olmasının alternatif yönetim sistemindeki toprakların düşük kil içeriğine bağlı olabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Campbell eşitliğindeki hava giriş değerinin A horizonunda alternatif uygulamalarda (1.1 kPa) geleneksel uygulamalara (0.79 kPa) göre daha yüksek olduğu ve farkın istatistiksel olarak önemli bulunduğu, alternatif ve geleneksel yönetim sistemlerinde hacim ağırlığı, hava girişi ve doymuş hidrolik iletkenlik arasındaki farkların iki sistem arasındaki bitki rotasyonları ile besin elementi veya toprak işleme yönetimlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Öztekin ve Erşahin (2006), 0.5 m ızgara aralığına sahip her bir örnekleme noktasından alınan 36 adet bozulmamış toprak örneğini kullanarak, işlenen ve işlenmeyen komşu arazilerdeki K_s değişkenliğini ve değişkenliği meydana getiren bazı nedenleri araştırdıkları çalışmalarında; K_s ölçümlerinin, laboratuvarında değişken ve sabit su yükleri altında, 100 cm^3 hacimli bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak yapıldığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlarda, işlenen arazideki $\ln(K_s)$ değerlerinin (varyans = 10.3) işlenmeyen arazidekilerinden (varyans = 4.2) 2.5 kat daha fazla bir değişkenlik gösterdiği, hatta işlenen arazideki örnekleme istasyonları arasında ve bu istasyonların kendi içlerindeki sıralar arasında da büyük K_s değişkenliğinin olduğu rapor edilmiştir. İşlenen arazideki iki örnekleme istasyonuna ait daha büyük K_s değişkenliğinin, tarla trafiği kaynaklı toprak sıkışması ve devamlı toprak işleminin neden olduğu heterojen hacim ağırlığından kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir.

2.3.2 Toprak kalitesinin kimyasal göstergeleri

Guimaraes Couto *et al.* (1997), Brezilya'nın Mato Grosso eyaletinde toplam baz ve ekstrakte edilebilir K^+ 'un uzaysal değişkenliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; jeostatistiksel yöntemlerle uzaysal değişkenliğin belirlendiğini ve arazi kullanım türleri ile farklı toprak haritalama ünitelerinin dört transekt boyunca tahmin edildiğini bildirmişlerdir. Normal kriging ile örneklenemeyen alanların tahmin edildiği, özellikle ekstrakte edilebilir K^+ 'un iki horizontda da yöne bağlı değişim (anisotropik) ve güçlü bir uzaysal bağımlılık sergilediği belirtilmiştir. Sürdürülebilirliğin bir ölçümü olan toprak kalitesiyle ilişkili göstergeleri tahmin etmek ve yönetim planlamasını destekleyen kararları almak için toprak verimliliğinin geleneksel araştırmaları ile jeostatistik birlikte kullanılabilir.

Utset *et al.* (1998), Küba'da Cauto vadisinde bir parselde tuzluluğun (EC) ucuz ve dolaylı olarak belirlenebilmesi için kalibre edilmiş dört elektrotlu prob (FEP) kullanarak kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde iki transekt oluşturup, 50 m²'lik grid yüzeyi üzerinden alınan örneklerde toprak EC'sinin laboratuvar ölçümlerini yapmışlardır. Beklenen toprak tuzluluk değişimi ve parselin topografik eğim yönü kabul edilen doğu-batı yönündeki transektten EC algılayıcı tuzluluk ölçümleriyle doğrusal variogramlar elde edildiği ve bu durumun laboratuvar da ölçülen toprak EC'sinin uzaysal yapısıyla da uyum gösterdiği bildirilmiştir. Çapraz doğrulama analizleri FEP ölçümlerinden elde edilen EC variogramlarının, laboratuvar da ölçülen toprak EC variogramlarına benzer bir yolla toprak EC'sinin uzaysal değişkenliğini tanımlayabileceğini gösterdiği rapor edilmiştir. Bu nedenle toprak tuzluluk haritalarındaki örnekler arasındaki mesafenin, EC algılayıcı tuzluluk ölçümlerinin variogramlarının yapısal uzaklığına bağlı olabileceğini araştırmacılar belirtmişlerdir.

Keck *et al.* (1993), ABD güneydoğu Montana'da maden yataklarında toprak özelliklerinin uzaysal dağılımlarını modellemek ve toprak özelliklerinin uzaysal bağımlılıklarını belirlemek amacıyla jeostatistiksel yöntemler uyguladıkları çalışmalarında; maden ocağı topraklarını 100 m örnekleme aralığıyla düzensiz bir şekilde toplamışlar ve alt-üst

edilen toprak katlarında bulundukları derinlik, toprak tekstürü, pH ve EC ölçümlerini yapmışlardır. Toprak analiz sonuçlarının 100 m örnekleme aralığı için her toprak özelliğinde uzaysal bağımlılık oluşmadığı, interpolasyon için kriging uygulamasının verilerin korelasyon özelliği göstermemesi nedeniyle gereksiz bulunduğu ve uzaysal bağımlılığın olmadığı durumlarda, geleneksel istatistik tekniklerinin (örneğin regresyon analizi) kullanılmasının daha uygun olacağını rapor etmişlerdir.

Pozdnyakova and Zhang (1999), toprak tuzluluğunun uzaysal değişkenliğinin tahmin edilmesinin hassas tarım için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Toprak tuzluluğunun heterojen uzaysal yapısının belirlenmesinde jeostatistiksel yöntemleri iyi birer araç olarak tanımlamışlardır. Adı geçen araştırmacılar yaptıkları çalışmada, 3375 ha'lık tarım alanında sodyum adsorbsiyon oranını (SAR) tahmin etmek için kriging ve co-kriging yöntemlerini kullanmışlar ve EC'nin çok kolay şekilde ölçülen verilerinden SAR tahmini geliştirmek için co-kriging yöntemini uygulamışlardır. Çeşitli şekillerle azaltılan veri setlerinde jeostatistiksel yöntemlerin kullanılmasıyla tahmin edilen SAR'a ait uzaysal dağılımları geniş arazilerdeki kapsamlı tuzluluk ölçümleriyle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, co-kriging yönteminin tahminleri önemli ölçüde geliştirilebileceğini ve bu şekilde örnekleme maliyetlerinin de önemli ölçüde azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Bütün SAR verilerini kullanan kriging ile azaltılmış SAR verilerini kullanan co-kriging karşılaştırmasında, co-kriging kriging varyansı ve hata kareler ortalamasını % 70'den fazla azaltarak daha iyi tahminler geliştirdiği ve ölçümler ile tahmin değerleri arasındaki korelasyonun da yaklaşık % 60 arttığını belirtmişlerdir. Co-kriging yönteminin SAR tahmininde örnekleme maliyetlerini kapsamlı EC ölçümleriyle birlikte SAR verilerinin küçük bir bölümünü kullanarak yaklaşık % 80 azaltılabileceği rapor edilmiştir.

Pulleman *et al.* (2000), toprağın kullanımına ait bilgiler ve istatistiksel analizler kullanılarak önemli bir tarım toprağında organik madde içeriği üzerine arazi kullanım tarihinin etkilerini belirlemek için Hollanda'da bir toprak serisinde toprak organik madde içeriği, bitki türü ve yönetimin bölgesel araştırmasını yaptıkları çalışmada; toprak organik madde içeriğinin uzun süreli arazi kullanımını yansıtan toprak özellikleriyle birleştirildiğinde diğerlerine göre stabil ve toprak kalitesinin önemli bir göstergesi olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada; 45 arazide organik madde içerikleri ve geçmiş arazi kullanımı hakkındaki

bilgilerin elde edildiği, arka arkaya altı periyot için (örneklemeden önce 63-31, 31-15, 15-7, 7-3, 3-1 ve 1-0 yıl) arazi kullanım geçmişinin (1) toprak işleme, (2) bitki türü, (3) kimyasal gübrelerin kullanımı, (4) ahır gübresi ve (5) tarımsal ilaçlar (biocides) terimleriyle açıklandığı, sadece arazi kullanımının dört türünün (geleneksel toprak işlemeyle ekim, geleneksel çim, organik toprak işlemeyle ekim ve organik çim) değerlendirildiği ve toprak organik madde içeriğinin 17 ve 88 g kg⁻¹ arasında olduğu bildirilmiştir. Farklı periyotlarda yönetim ve bitki türünün bir fonksiyonu olarak toprak organik madde içeriğinin doğrusal regresyon modellerinin uzun süreli çim uygulamasıyla arttığı, regresyon modelinin seçilen periyotların uzunluğuyla ve belirli bir bölgedeki arazi kullanım geçmişiyle ilişkili olduğu ve bu durumun belirli toprak serilerinde yönetimin bir fonksiyonu olarak toprak organik madde içeriğinin tahmininde kolaylık sağladığı rapor edilmiştir.

Geleneksel örnekleme yöntemleri arazi üzerindeki ekolojik potansiyeller ve tarımsal verimdeki değişimlerinden sorumlu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin değerlendirilmesinde yetersizdir. Bilgisayarlar, GPS ve geniş ölçek algılayıcılarında son yıllarda sağlanan ilerlemeler toprak koşullarında heterojen desenlerin haritalanması için yeni fırsatlar yaratmıştır. Johnson *et al.* (2001) tarafından ekolojik özellikler ve verimlilikle ilişkili toprak özelliklerini tanımlamak için arazi ölçeğinde EC_a haritalanmasının değerlendirildiği çalışmada; toprak işlemez kışık buğday, mısır, darı, nadas rotasyonu ile yönetilen 250 ha büyüklüğünde yan yana bulunan sekiz arazide, 0-30 cm derinlikte EC_a haritalarının oluşturulduğu ve her bir araziden EC_a sınıflaması için toprak örneklerinin 0-7.5 ve 7.5-30 cm derinlikten üç paralelli olarak alındığı belirtilmiştir. Toprağın fiziksel özellikleri (hacim ağırlığı, nem içeriği, kil %'si), kimyasal özellikleri (toplam organik madde, toplam C ve N, ekstrakte edilebilir P, laboratuarda ölçülen EC (1:1), pH), biyolojik özellikleri (mikrobiyal biomass C ve N, potansiyel ayrışabilir N) ve yüzeydeki anız atıklarıyla her iki derinlikteki EC_a sınıfları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu rapor edilmiştir. EC_a ile hacim ağırlığı, kil %'si, pH, EC (1:1) arasında pozitif yönde, diğer tüm toprak özellikleri ve yüzeydeki anız atıklarıyla negatif yönde ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Triantafilis *et al.* (2001), örneklenmeyen alanlarda toprak tuzluluğunun (EC) tahmin edilmesinde çeşitli yaklaşımların kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu yaklaşımlar

ortalamasız kriging (OK1 ve OK2), regresyon kriging (RK), üç boyutlu kriging (3-DK) ve en iyi tarafsız doğrusal tahminleri sağlayan co-kriging (Co-K) gibi jeostatistiksel yöntemlerdir. Bu yöntemlerle elektromanyetik indüksiyon aletiyle (EM38) ölçülen toprak elektriksel iletkenliğini (EC_a) test etmişlerdir. Hassasiyet ve tahminde sapma yönünden yöntemlerin karşılaştırılmasında en iyi tahminin regresyon kriging (RK) ile yapıldığını belirlemişlerdir. Bunun nedeni olarakda kriging sistemi içerisindeki regresyon hesapları arasındaki farkların birleşmesini göstermişlerdir. Buna karşı en iyi ortalama ve standart sapmanın co-kriging ile tahmin edildiğini belirtmişlerdir.

Walter *et al.* (2001), 250x250 m ızgaralar üzerinde sistematik şekilde örneklenen 5 141 üst toprakta EC ölçümlerini kullanarak 38 000 ha'lık bir alanda uzaysal değişkenlik çalışmasını uygulamışlar ve variogram analizlerinin alt alanlar arasında farklı uzaysal yapılarla EC değişkenliğinde geniş eğilimlerin varlığını doğruladığını bildirmişlerdir. Her bir tahmin bölgesinde variogram modellemesinin büyük parsellerde yüksek tuzlu toprakların oranını tahminde bütün alan variogramlarından ve ortalamasız kriging uygulamasından daha iyi tahminde bulunduğunu ancak tahminler arasında çok fazla benzerlikler görüldüğünü bildirmişlerdir. Uzaysal tahminin değişkenliklerini ortaya koyan tahmin değişim haritalarında ise iki yöntem arasında önemli derecede farklar olduğunu tespit etmişlerdir.

Carvalho *et al.* (2002), peş peşe beş yıl (1992-1996 yılları arasında) Brezilya Santo Antonio de Goias'da killi Oxisol'de jeostatistiksel yöntemleri kullanarak üç farklı toprak hazırlama sistemi (pullukla sürüm, diskli pullukla toprak işleme, sıfır toprak işleme) altında pH, Ca, Mg, P ve K'un uzaysal değişkenliğini incelemişler, toprak kimyasal özellikleri, toprak derinliği ve toprak hazırlama sistemleri arasında toplam 30 kombinasyonun 14'ünde uzaysal bağımlılığın olmadığını gösteren saf külçe etkisinin görüldüğünü ve yönsel variogramların Y yönünde güçlü ve orta uzaysal bağımlılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Denemelerin, uzun süreli ve kültürel uygulamalarda toprak özelliklerinin uzaysal yapısındaki değişimi dikkate alan tek yönde yürütüldüğü, yöne bağlı değişimin (anisotropik) daha çok toprak hazırlama sistemlerinden diskli pulluk ile toprak işleme yöntemiyle ilişkili olduğu ve 5-20 cm toprak derinliğinde pH için en güçlü uzaysal bağımlılığın doğrulandığı belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre; toprak

kimyasal özelliklerinin tahmininde, örnek noktalarının dikkatli bir şekilde seçilmesi ve hesaplamada toprak işlemenin dikkate alınması önerilerek örnekleme alanının çok daha gerçeğe uygun tanımlanabilmesi için örneklerin farklı yönlerde alınmasının gerektiği bildirilmiştir.

Sparling and Schipper (2002) tarafından Yeni Zelanda'nın beş farklı bölgesinde (12 toprak ordosu, 9 arazi kullanım kategorisi) 222 noktada toprak kalitesi ölçülmüştür. Araştırmacılar, üst toprakta (0-10 cm) toplam C ve N, potansiyel mineralize olabilir N, pH, yarayışlı P, kation değişim kapasitesi, hacim ağırlığı, toplam porozite, makroporozite, toplam yarayışlı ve kolay alınabilir su gibi özellikleri belirlemişlerdir. Bu çalışmada araştırmacılar, örneklerin temsil yeteneğini ölçerek değişkenlikte toprak ordoları veya arazi kullanımının katkılarının saptanmasını, veri setlerinin yorumlanmasını ve uzun süreli sürdürülebilir arazi kullanımını ilgilendiren faktörlerin belirlemesini amaçlamışlardır. Toprak ve arazi kullanım kombinasyonlarının ulusal dağılımla karşılaştırılmasında veri setlerinde hem çok yüksek hem de çok düşük değerler gözlemlendiği, toprak ordoları ve arazi kullanım kategorileriyle toprak özelliklerindeki değişimlerin % 55-76'sının açıklandığı, meraların toplam C içeriğinin bölgesel orman topraklarının C içeriğiyle benzerlik gösterdiği ancak meraların pH, N ve P içeriğinin daha yüksek olduğu ve toplam değişkenliğin % 87'sinin yedi toprak özelliğiyle (toplam C, toplam N, mineralize olabilir N, pH, yarayışlı P, hacim ağırlığı, makroporozite) açıklandığı rapor edilmiştir.

Sun *et al.* (2003) tarafından jeostatistik yöntemler kullanılarak astropikal (subtropikal) Çin'in yüksek bir bölgesinde toprak kalitesindeki değişimler ile toprak özelliklerinin uzaysal ve zamansal değişimlerini belirlemek amacıyla 1985 ve 1997 yılları arasında 12 ha'lık bir alanda, 100x100 m olarak oluşturulan gridler üzerinde, 105 noktada 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak yapılan çalışmada; toprak özelliklerinin geniş değişkenlik gösterdiği, en yüksek ve en düşük değişkenlik katsayısının sırasıyla yarayışlı fosfor ve pH'da gözlemlendiği, 12 yıllık periyotta çeltik tarımı yapılan ve ekim yapılmayan çorak topraklarda organik madde miktarında önemli azalmalar görülürken diğer özelliklerde bir değişim görülmediği bildirilmiştir. Ekim yapılmayan çorak alanlardaki değişikliğe ilave olarak yaylaların verimli hale getirilmesiyle yarayışlı P ve K miktarı artarken, orman yenileme sisteminde tersi bir değişimin olduğu belirtilmiştir.

Jeoistatistiksel analizlerle bütün toprak özelliklerinde (pH, organik madde, yarayışlı P ve K) 1985 ve 1997 yılları arasındaki yapısal değişimlerin uzaysal olarak görüldüğü, külçe etkisinden eşik değerine doğru toprak pH'sı için güçlü uzaysal bağımlılık belirlendiği ve diğer özellikler için uzaysal bağımlılığın azaldığı rapor edilmiştir. Arazi kullanım desenindeki değişimlerin toprak kimyasal özelliklerindeki değişimi azalttığı ve krigingden yararlanılarak yapılan interpolasyonun toprak özellikleri arasında uzaysal bir benzerlik gösterdiği bildirilmiştir. Toprak özelliklerinin, arazi kullanımı çeltik tarımı olan araştırma alanının güneydoğu çeyreğinde azaldığı, çorak alanlardan başlayarak ekilebilir yaylaların bulunduğu merkezin etrafında ise arttığı ve çiftlik alanlarındaki değişimlerin izlenmesinin potansiyel bir analiz aracı olarak toprak kalite değerlendirmesinde jeoistatistik yöntemlerin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Toprak elektriksel iletkenlik (EC) haritaları, bölgeye özel yönetim değerlerini gösteren kalitede olmak zorundadır. İnterpolasyon işlemleri ve farklı örnekleme yoğunluklarıyla oluşturulan EC haritalarının kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla Kentucky'nin Inner ve Outer Bluegrass bölgelerinde, kireçli topraklara sahip araziler üzerinde yapılan çalışmada; Inner Bluegrass'taki iki arazide uzun boylu çayır otlarının yetiştirildiği, Outer Bluegrass'taki arazide ise toprak işlenmesiz mısır-soya-buğday rotasyonunun uygulandığı ve toprak EC'sinin topraklar kuruyken transektler üzerinde doğrudan temasla ölçüldüğü bildirilmiştir (Mueller *et al.* 2004). Tahmin ve doğrulama veri setlerinin dikey yönlerde birleştirildiği, verilerin ortalamasız kriging ve ters mesafe ağırlığı (IDW) interpolasyonu ile değerlendirildiği, harita kalitesinin hata göstergelerini azaltan tahmin etkinliğiyle ölçüldüğü, Log-normal ve Box-Cox dönüşümlerinin çok tatmin edici uzaysal tahminler geliştirmediği belirtilmiştir. Her bir lokasyonda yüzey ve derin EC değerleri için modellerin tahmin etkinliği (minimum $r^2 = 0.82$) ile örnekleme yoğunluğu arasındaki ilişkilerin tanımlanarak geliştirildiği rapor edilmiştir. Bu modeller, EC değişkenliği yüksek arazilerde çok yoğun ölçümlerin toplanmasıyla modellerin ispatında, EC algılayıcı üretimi tavsiye edilerek EC haritalarının kalitesinin tatmin edici şekilde geliştirilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Uzaysal değişkenliğin uygun örnekleme aralığının belirlenmesine yardım için EC değişkenliğinin hazırlık ölçümleri boyunca değerlendirilmesi gerektiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Gerçek toprak elektriksel iletkenliği (EC_a) değişkendir ve güvenilir ölçümleri tuzluluk, nem içeriği, tekstür, hacim ağırlığı gibi edaphic (iklim ve fizyografik faktörler tarafından etkilenen) ve yıkanma fraksiyonları gibi anthropogenic (insan aktivitelerinden etkilenen) zelliklerin zamansal ve uzaysal tanımlanmasında sıklıkla kullanılır. Corwin and Lesch (2005a), arazi lekli EC_a araştırması yürütebilmek ve Kaliforniya San Joaquin Vadisi'nde toprak kalite değerlendirmesinde kullanmak amacıyla sekiz genel adımdan oluşturulmuş kurallar belirlemişlerdir. Bunların; (1) yer tanımlama ve EC_a araştırma planı, (2) hareket edebilir GPS temelli alet ile EC_a verisi toplama, (3) toprak örnekleme planı, (4) toprak profil örnekleme, (5) laboratuvar analizleri, (6) EC_e için EC_a 'nın kalibrasyonu, (7) uzaysal istatistiksel analiz ve (8) CBS veri tabanı geliştirmek ve grafiksel gösterim olduğu araştırıcılar tarafından rapor edilmiştir. Özetlenen her bir adım için detaylı tartışma ile kılavuzların sunulduğu ve geliştirilen protokollerin EC_a ölçümlerinin güvenli, tutarlı ve uyumlu yorumlanmasını sağlayan kılavuzları sağladığı belirtilmiştir.

Corwin and Lesch (2005b), Kaliforniya San Joaquin Vadisi'nin batısında 32.4 ha'lık bir alanda taşınabilir elektromanyetik indüksiyon (EM) lmleri yaparak toprak kalite değerlendirme çalışmasını yürütmüşlerdir. Araştırıcılar tarafından, EC_a ölçümleriyle oluşturulan EM okumalarının Nisan 2002'de 22177 noktadan alındığı, okumaları doğrulamak için 40 farklı yerden 1.2 m derinlikten alınan örneklemlerin kullanıldığı, lokal ölçekteki değişkenliği değerlendirmek için 8 yerden iki defa örnek alındığı ve alınan örneklemlerde kurak bölgelerde toprak kalitesiyle ilişkilendirilen fiziko-kimyasal özelliklerin değişkenliğinin analiz edildiği bildirilmiştir. Saturasyon ekstraktında EC_e değerinin 4.83-45.30 dS m⁻¹, SAR değerinin 5.62-103.12 ve kil içeriğinin ise % 2.5-48.3 arasında değişen analiz sonuçlarıyla toprağın montmorillonitik, tuzlu ve alkali olarak nitelendirildiği belirtilmiştir. Uzaysal değerlendirmelerin, çalışma alanının güney yarısının merkezinde tuzluluğu ve SAR'ı yüksek alanlar gösterdiği, EC_a ile toprak özelliklerinden EC_e (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ ve Mg^{+2}), değişebilir Na^+ ve SAR arasında güçlü korelasyonların elde edildiği belirtilmiştir. Hacimsel nem içeriği, hacim ağırlığı, kil yüzdesi, saturasyon yüzdesi, değişebilir Na yüzdesi (ESP), Mo, $CaCO_3$, jips, toplam N, saturasyon ekstraktında Ca^{+2} ve değişebilir katyonları (Ca^{+2} , K^+ ve Mg^{+2}) içeren diğer özelliklerle zayıf korelasyon gösterdiği araştırıcılar tarafından rapor edilmiştir.

Arazi ve laboratuvar ölçümleriyle toprak tuzluluğunun uzaysal ve zamansal değişkenliğini belirlemek amacıyla jeostatistiksel araçlar kullanılarak yapılan çalışmada; örnekleme yapılmayan bölgelerde toprak tuzluluğunu tahmin etmek için Bayesian maximum entropy (BME) ve kriging'in kullanıldığı, hem düşük hem de yüksek veriler ve sadece yüksek verilerle krigleme ile düşük veri aralığını kullanan BME'den elde edilen tahmin haritalarının doğruluğunun karşılaştırıldığı rapor edilmiştir (Douaik *et al.* 2005). 25 hektarlık alanda 413 noktada elektriksel problemlerle ölçülen toprak tuzluluk verilerinden uzaysal-zamansal veri tabanlarının elde edildiği, bu ölçümlerdeki veri setlerinin 13-20 noktada 1:2.5 toprak-su karışımında laboratuvar elektriksel iletkenlik analizi yapılarak düzeltildiği ve bu uygulamanın Kasım 1994-Haziran 2001 tarihleri arasında 19 kez tekrarlandığı, BME tahminlerinin daha az önyargılı ve kriglemeden daha fazla doğruluğa sahip olduğu bildirilmiştir. Hata kareler ortalamasının artmasının düşük verileri daha çok yükselterek tahminler yapan kriglemede görüldüğü ve toprak tuzluluğu gözlemlerinde dalgalanmanın büyüklüğünün başarısızlığa neden olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Toprak kalitesi ile ilişkili toprak özellikleri ve sensör temelli ölçümler arasındaki ilişkileri anlamak belirli yönetimlerin gelişimine yardım edebilir. Killi toprakların toprak özelliklerinin tahmininde sensör temelli toprak elektriksel iletkenliğinin kullanılıp kullanılamayacağını araştırmak amacıyla, 2002 yılında kuzey merkez Missouri'deki 4 ha'lık bir tarım alanından 65 noktada üç farklı derinlikten (0-7.5, 7.5-15, 15-30 cm) toprak örnekleri alınıp toprak kalite göstergeleri olarak belirtilen birçok fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik toprak özelliklerinin analiz edildiği, EC_a ölçümlerinin elektromanyetik özellikli sensörle örnekleme alanında yapıldığı ve en derin örnekleme derinliğinde (15-30 cm), hacim ağırlığı, kil, silt, katyon değişim kapasitesi ve yarayışlı P içeriği ile EC_a arasındaki ilişkinin çok önemli olduğu ($r > 0.55$) rapor edilmiştir (Jung *et al.* 2005). Aynı çalışmada; toprak özellikleri ve EC_a arasında regresyon yapıldığı ve R² değerlerinin özellikle 0-7.5 cm derinlikte ikinci dereceden EC_a değeri kullanılarak geliştirildiği, seçilmiş regresyon modellerinin bağımsız toprak veri seti kullanılarak (n=20) geçerliliğinin test edildiği ve toprak özelliklerinin tahmin edilen ve ölçülen değerlerinin benzer olduğu bildirilmiştir. Temmuz-Ağustos yağışları yıllar ortalamasından daha büyük veya ortalamaya eşitse (> 150 mm), verim ile bazı toprak özellikleri (kil ve katyon değişim kapasitesi

gibi) ve EC_a pozitif yönde ilişkili, ortalama yağıştan daha az ise (< 150 mm) negatif yönde ilişkili olduğu ve elde edilen sonuçlara göre sensör temelli EC_a ölçümlerinin bazı claypan (az geçirimli kil tabakası) toprak kalite ölçümlerinin tahmininde hızlı ve ekonomik bir yol olabileceği belirtilmiştir.

Corwin *et al.* (2006) tarafından toprak kalitesindeki uzaysal-zamansal değişimlere neden olan yönetim uygulamalarının izlenmesinde bir araç olan EC_a , toprak örneklerinde direkt ölçümlerle değerlendirilmiştir. Merkez Kaliforniya'daki tuzlu-alkali bir toprağa uygulanan sulama drenaj suyunun yeniden kullanımında belirli yönetim uygulamalarının değerlendirilmesinin yapıldığı ve toprak kalite değerlendirme çalışmasının Ağustos 1999-Nisan 2002 tarihleri arasında Kaliforniya'nın San Joaquin Vadisi'nde etrafı çevrili sekiz dikdörtgen çayır alanından oluşan 32.4 hektar büyüklüğünde tuzlu-alkali bir arazide yürütüldüğü bildirilmiştir. Ayrıca, bu zaman periyodunda drenaj suyunun bir sonucu olarak meydana gelen uzaysal-zamansal değişimlerin değerlendirildiği belirtilmiştir. EC_a ölçümlerinde jeouzaysal elektromanyetik indüksiyonun (EMI) kullanıldığı ve EC_a ölçümlerinin uzaysal değişkenliğini yansıtan 40 yerde seçilen toprak örnekleriyle uzaysal doğrulamanın yapıldığı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. 0.3 m aralıkla ve 1.2 m derinlikte alınan toprak profil örneklerinin her birinde toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden 28 parametrenin analiz edildiği ve EC_a ile güçlü ve önemli korelasyon gösteren toprak kalitesi için önemli dört dinamik toprak özelliğinin (tuzluluk, sodyum adsorbsiyon oranı, bor ve molibden) uzaysal-zamansal değişimlerini gösteren haritaların CBS kullanılarak oluşturulduğu belirtilmiştir. 1999 yılındaki verilerde; yüksek tuzluluk ve yüksek SAR değerinin derinlikle arttığı, orta yükseklikte bor (B) ve molibdenin (Mo) derinlikle belirli bir ilişkisinin olmadığı, 32 aylık drenaj suyu uygulamasının toprağın üst 0.3 m'sinde borun, üst 0.6 m'sinde tuzun ve üst 1.2 m'sinde sodyum ile molibdenin yıkanmasıyla sonuçlandığı ve 1999-2002 yılları arasındaki zaman periyodunda yıkanma fraksiyonunun 0.10 olduğunun tahmin edildiği rapor edilmiştir. Yeniden kullanılan drenaj suyunda 3-5 dS m⁻¹'lik tuzluluk seviyesinin, potansiyel su akışında sorun çıkaran yüksek genişleyebilir yapılı kil seviyeleri ve yüksek sodyuma rağmen yıkanma ve infiltrasyonun meydana gelmesine izin verdiği araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

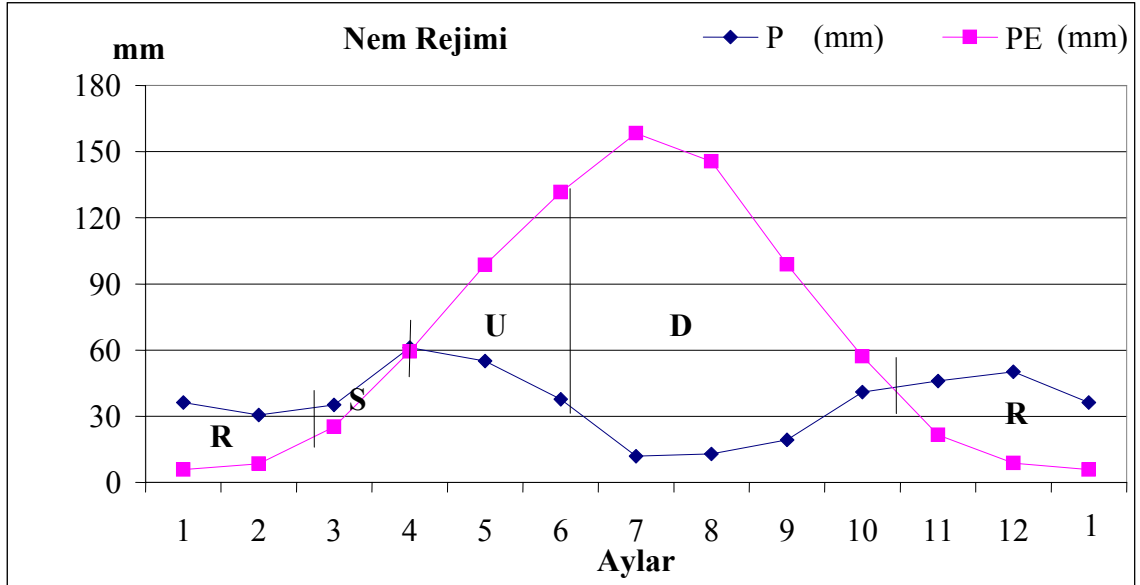
Orta Karadeniz bölgesinin iç kısmında yer alan Amasya ili doğudan Tokat, güneyden Tokat ve Yozgat, batıdan Çorum ve kuzeyden Samsun illeri ile çevrilidir (Şekil 3.1). Araştırma Amasya ili sınırları içerisinde yer alan Gökhöyük Tarım İşletmesi arazisinde yürütülmüştür. Amasya ilinin güneybatısında yer alan Gökhöyük Tarım İşletmesi 722488-729025 m (35° 37' 42.18"-35° 42' 12.68") doğu boylamları ile 4490350-4495915 m (40° 31' 50.44"-40° 34' 57.14") kuzey enlemleri arasında, 1:25 000 ölçeğinde G34d3 paftasında yer almaktadır. Kuzeydoğuda Aydoğdu, kuzeyde Boğaköy, batıda Doğantepe ve güneyde Gözlek köyleri ile sınırlanmıştır. Ulaşımı, çiftlik arazisinin ortasından geçen Amasya-Çorum karayolu ile sağlanan işletmenin deniz seviyesinden yüksekliği 500 m'dir.

Daha önce detaylı toprak etüdü yapılan toplam alanı 2 605 ha olan çiftlik arazisi 10 farklı toprak serisinden oluşmakta ve arazisinin büyük bir bölümü Çekerek çayının kuzeyinde yayılım göstermektedir. Araştırmanın yürütüldüğü Amasya-Çorum karayolunun güneyinde yer alan çalışma alanı yaklaşık 1 750 ha olup Doğantepe, Yassihöyük, Eskidere, Çekerek, Kötüköy ve Gözlek serilerini içeren 6 farklı toprak serisinden oluşmaktadır (Anonim 1984). Araştırma alanı olarak seçilen Gökhöyük Tarım İşletmesinde üç farklı temel fizyografik ünite belirlenmiştir. Bunlar; kireçtaşı ve yer yer kumtaşı formasyonlarından oluşan *yüksek araziler*, yüksek arazilerden erozyonla taşınarak bunların eteklerinde depolanmış sedimentlerle kaplı *koluviyal araziler* ile Çekerek çayı depozitlerinden oluşmuş *aluviyal araziler*dir. Çalışma alanı bu fizyografik ünitelerden koluviyal ve aluviyal arazileri içerir.

Çizelge 3.1 Amasya ili uzun yıllar (1984-2003) aylık ortalama meteorolojik veriler (Anonim 2004).

Aylar	Sıcaklık, °C			Ortalama Toprak Sıcaklığı, °C			Yağış, mm	Bağıl Nem, %	Rüzgar Hızı, m sn ⁻¹	Ortalama Buharlaşma, mm
	En yüksek	En Düşük	Ortalama	5 cm	10 cm	20 cm				
Ocak	7.2	-0.9	2.9	2.8	3.1	3.6	36.2	68	1.3	-
Şubat	9.2	-0.7	4.0	3.9	4.0	4.3	30.6	62	1.5	-
Mart	13.9	2.1	7.8	8.5	8.2	8.0	35.2	58	1.7	-
Nisan	20.5	6.9	13.6	15.7	15.2	14.5	61.2	57	1.7	91.1
Mayıs	24.8	10.5	17.7	21.7	21.0	20.2	55.0	56	1.6	129.0
Haziran	28.5	13.7	21.4	26.8	25.9	25.0	37.7	55	1.6	163.4
Temmuz	31.0	16.1	24.1	30.6	29.2	28.2	11.8	54	1.8	205.0
Ağustos	31.2	16.0	23.8	29.9	28.9	27.9	12.9	55	1.8	192.3
Eylül	28.0	12.5	20.1	23.8	23.5	23.6	19.3	56	1.7	132.0
Ekim	21.8	8.1	14.6	15.5	15.8	16.4	41.0	61	1.4	70.9
Kasım	14.0	3.2	8.2	7.6	8.0	8.9	46.0	66	1.2	20.5
Aralık	8.3	0.7	4.2	3.9	4.3	5.0	50.1	69	1.2	-
Yıllık	19.9	7.4	13.5	15.9	15.6	15.5	437.0	59	1.5	

Bölgenin, iklim verilerine dayanılarak nem rejimi ve sıcaklık rejimi belirlenmiştir (Anonymous 1999).



Şekil 3.2 Çalışma alanının toprak-su bütçesi diyagramı (Karaca 2008)

Çalışma alanının sıcaklık rejimi; yıllık ortalama toprak sıcaklığı 8 °C'den fazla, 15 °C'den az ve 50 cm'deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6 °C'den fazla olduğu için Mesic sıcaklık rejimi olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2).

Çalışma alanının nem rejimi; normal yıllar içerisinde yıllık ortalama toprak sıcaklığı 22 °C'den az ve 50 cm'deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6 °C'den büyük; toprak nem rejimi kontrol kısmının bazı kesimleri veya tamamında toplam olarak 90 gün veya daha fazla kurudur. Fakat 50 cm'deki yıllık ortalama toprak sıcaklığı 5°C üzerinde olan günlerin yarısından fazlasında kuru olmadığı için Ustic nem rejimi olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2, Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Çalışma alanının toprak su bütçesi (Karaca 2008)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
T, °C	3.9	5.0	8.8	14.6	18.7	22.4	25.1	24.8	21.1	15.6	9.2	5.2	14.5
P, mm	36.2	30.6	35.2	61.2	55.0	37.7	11.8	12.9	19.3	41.0	46.0	50.1	437
PE, mm	5.8	8.5	25.2	59.7	98.6	131.6	158.3	145.5	98.9	57.2	21.5	8.8	819.6
P-PE, mm	30.4	22.1	10	1.5	-43.6	-93.9	-146.5	-132.6	-79.6	-16.2	24.5	41.3	-382.6
W, mm	96.2	118.3	120	120	76.4	0	0	0	0	0	24.5	65.8	
R, mm	30.4	22.1	1.7								24.5	41.3	120
S, mm			8.3	1.5									9.8
U, mm					43.6	76.4							120
D, mm						17.5	146.5	132.6	79.6	16.2			392.4

T : 50 cm toprak sıcaklığı

P : Yıllık ortalama yağış

PE : Yıllık ortalama topraktan olan buharlaşma

W : Yarayışlı su miktarı

U : Toprakta suyun kullanıldığı dönem

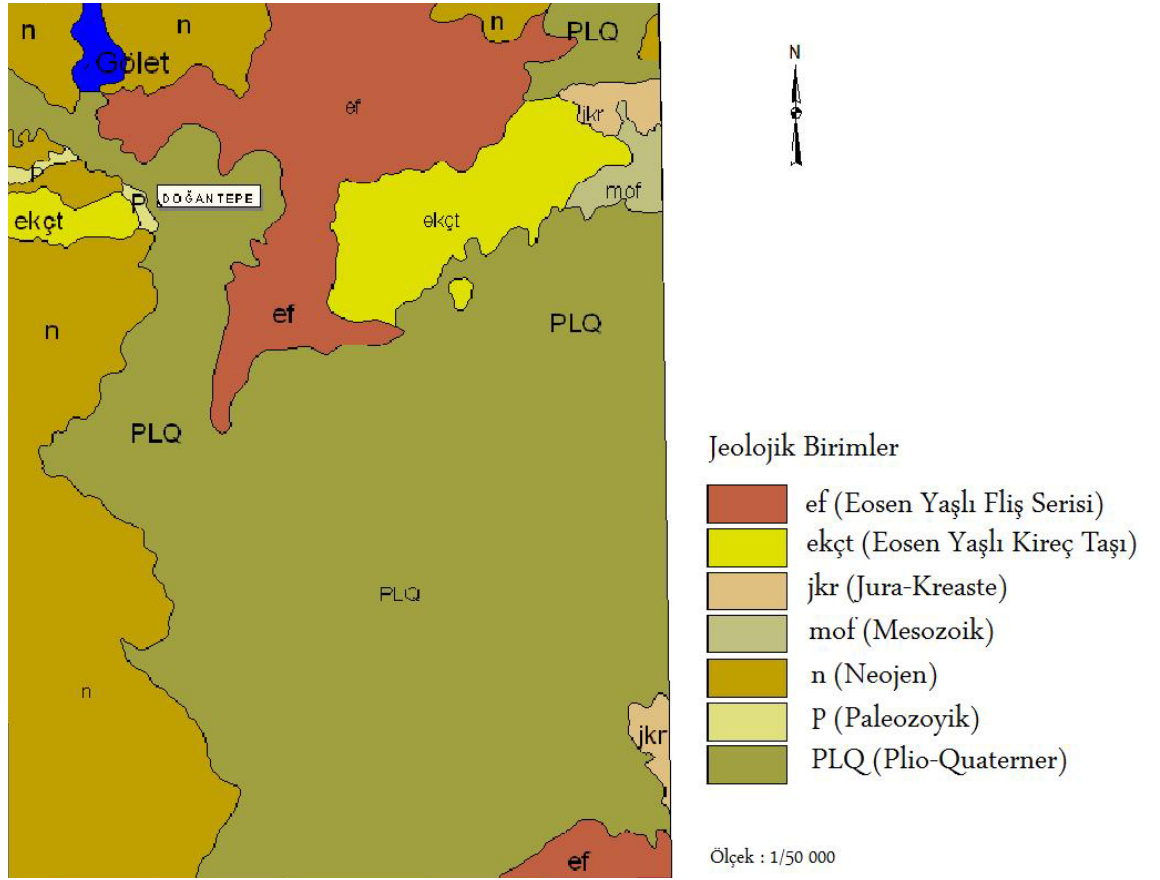
D : Toprakta su eksikliği olduğu dönem

R : Toprağın su kazanımı

S : Toprağın su fazlası

3.1.3 Jeoloji

Çalışma alanının jeolojik verileri DSİ Amasya-Merkez-Doğantepe Beldesinin Hidrolojik Etüt Raporundan elde edilmiştir (Anonim 2000). Bu rapora göre çalışma alanında Plio-kuaterner (PLQ) yaşlı jeolojik seriler mostra vermektedir (Şekil 3.3).



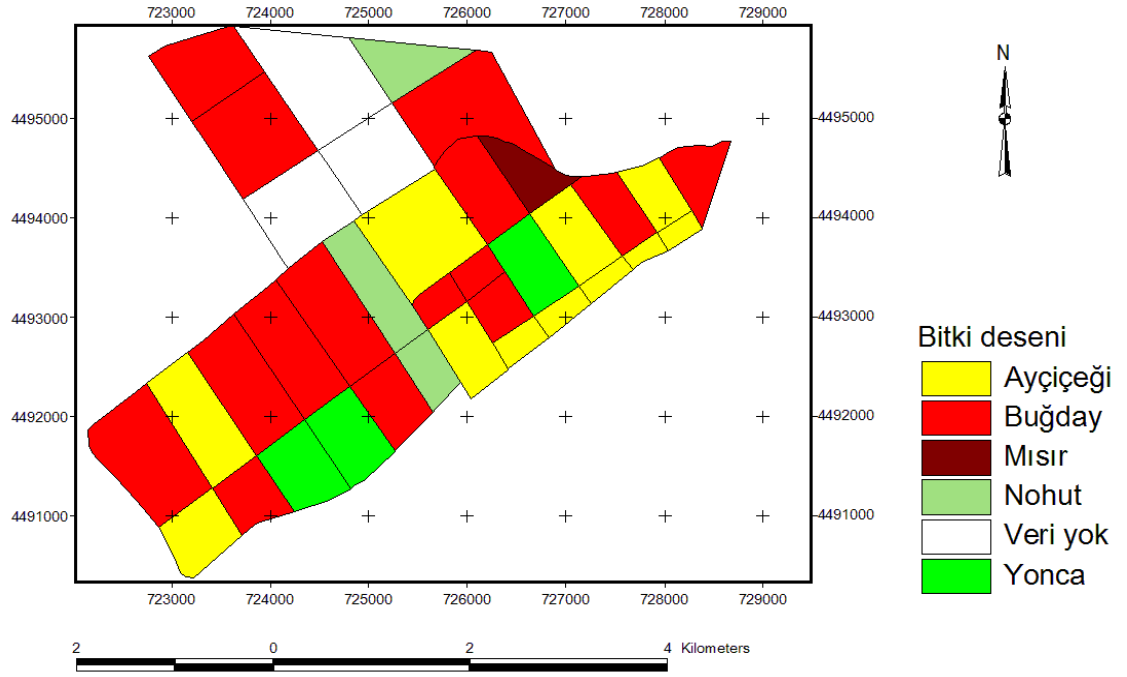
Şekil 3.3 Çalışma alanı ve yakın çevresi jeolojik birimlerini gösterir kroki (Anonim 2000)

Çalışma alanını kaplayan Plio-kuaterner yaşlı dolgu malzemesinin kalınlığının, açılan araştırma sondaj kuyuları ve jeofizik etüt çalışmalarıyla, bazı yerlerde 200 m' nin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Dolgu malzemesi, çekerek vadisinde kum-çakıl gibi iri taneli malzemeden oluşurken, vadiden uzaklaştıkça hem malzeme boyutu küçülmekte, hem de dolgu içindeki çakıl bantlarının kalınlığı azalmaktadır.

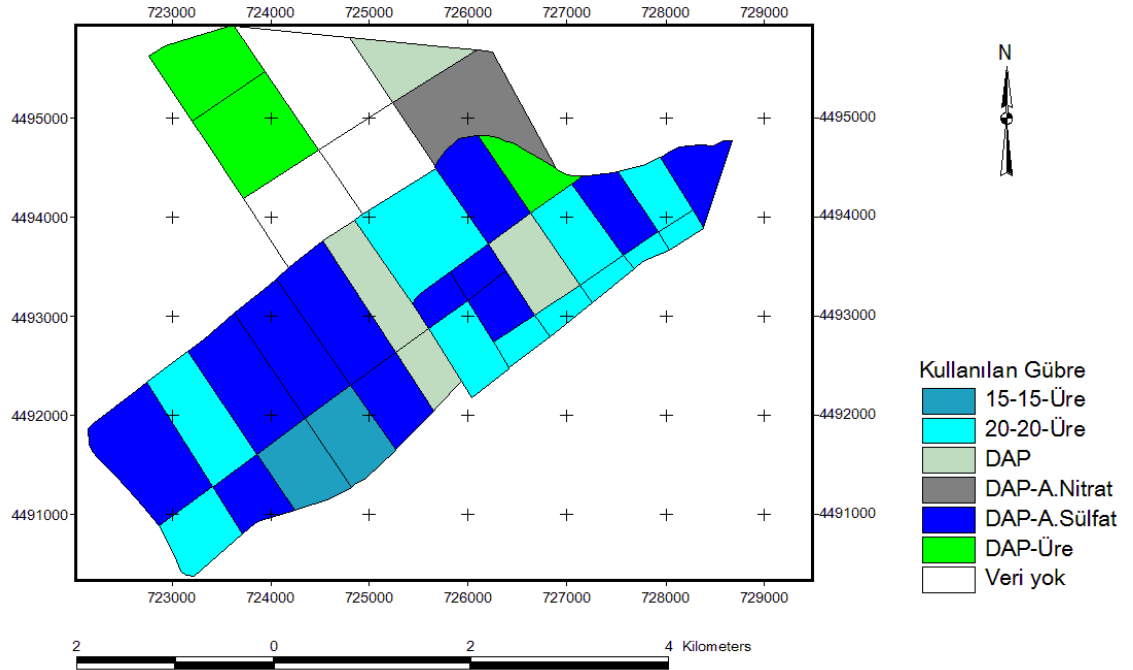
3.1.4 Arazi kullanımı (1999-2004 yılları)

Gökhöyük Tarım İşletmesi arazisi içerisinde bulunan çalışma alanı farklı alan büyüklüklerine sahip toplam 36 parselden oluşmaktadır. Toprak işlemeli tarım yapılan parsellerin toplam alanı 1 665 ha'dır (EK 3). Toprak işlemesi çeşitli toprak işleme aletleri kullanılarak farklı sürüm dönemlerinde 10-22 cm derinlikleri arasında yapılmaktadır. Toprak işleme sırasında ilk sürüm soklu pulluk, diskli pulluk ve gobble disk gibi toprak işleme aletleri ile yapılırken, ikileme ve üçleme toprak sürümleri kazayağı, parmiter, aysan, gobble disk vb. aletleri ile yapılmaktadır.

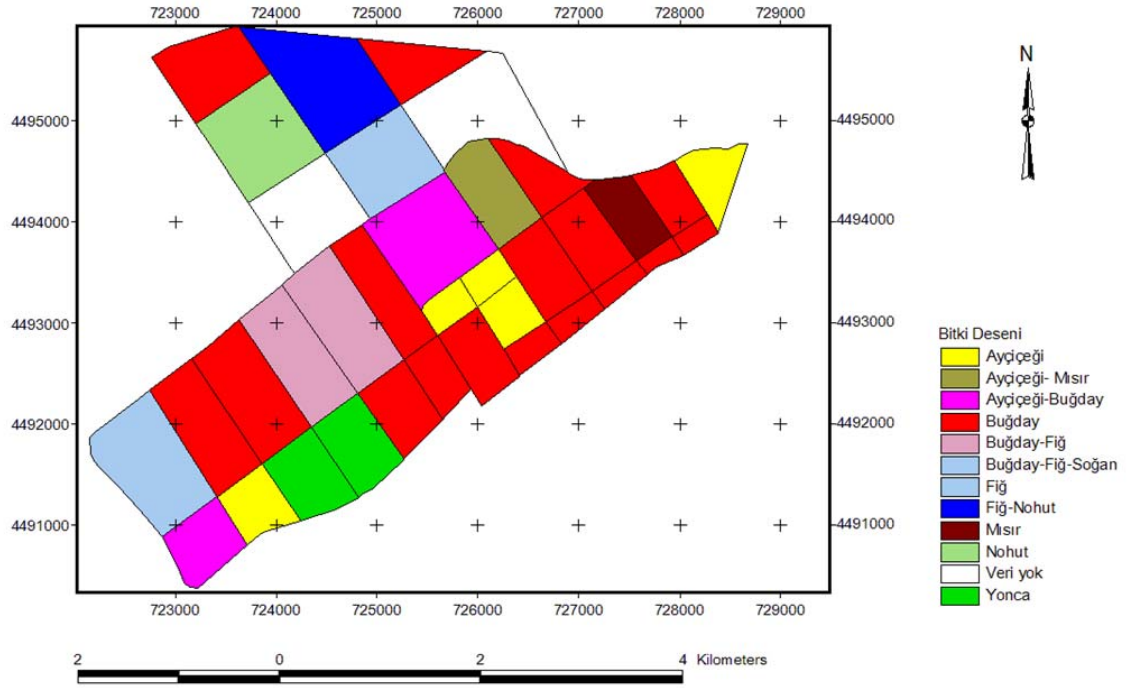
İşletme kayıtlarına göre 1999-2004 yılları arasında 36 parselde nadasa bırakılan alanların dışında kalan yerlerde sulu ve kuru tarım olarak ayçiçeği, buğday, fiğ, mısır, nohut, soğan, şeker pancarı ve yonca olmak üzere 8 farklı bitkinin üretimi yapılmıştır (Şekil 3.4, Şekil 3.6, Şekil 3.8, Şekil 3.10, Şekil 3.12). Bitkisel üretim sırasında Amonyum nitrat, Amonyum sülfat, Üre, Diamonyumsülfat (DAP), Triplesüperfosfat (TSP), 20-20-0, 15-15-0 olmak üzere 7 farklı kimyasal kaynaklı gübre çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.5, Şekil 3.7, Şekil 3.9, Şekil 3.11, Şekil 3.13).



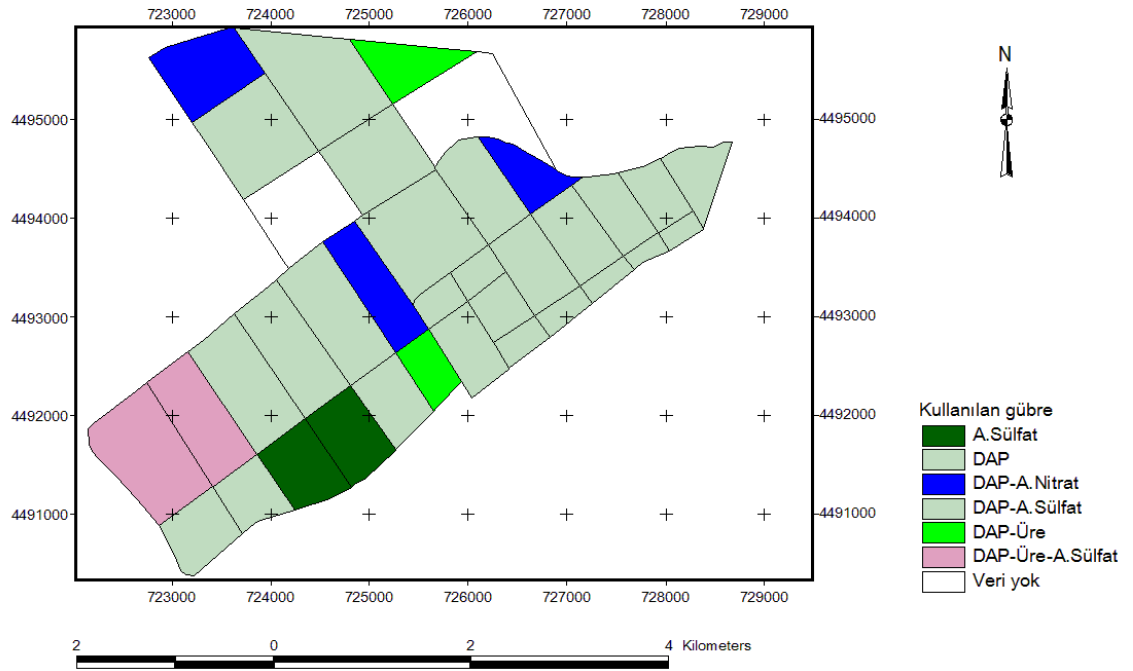
Şekil 3.4 Ekilen bitki deseni (1999-2000 ürün dönemi)



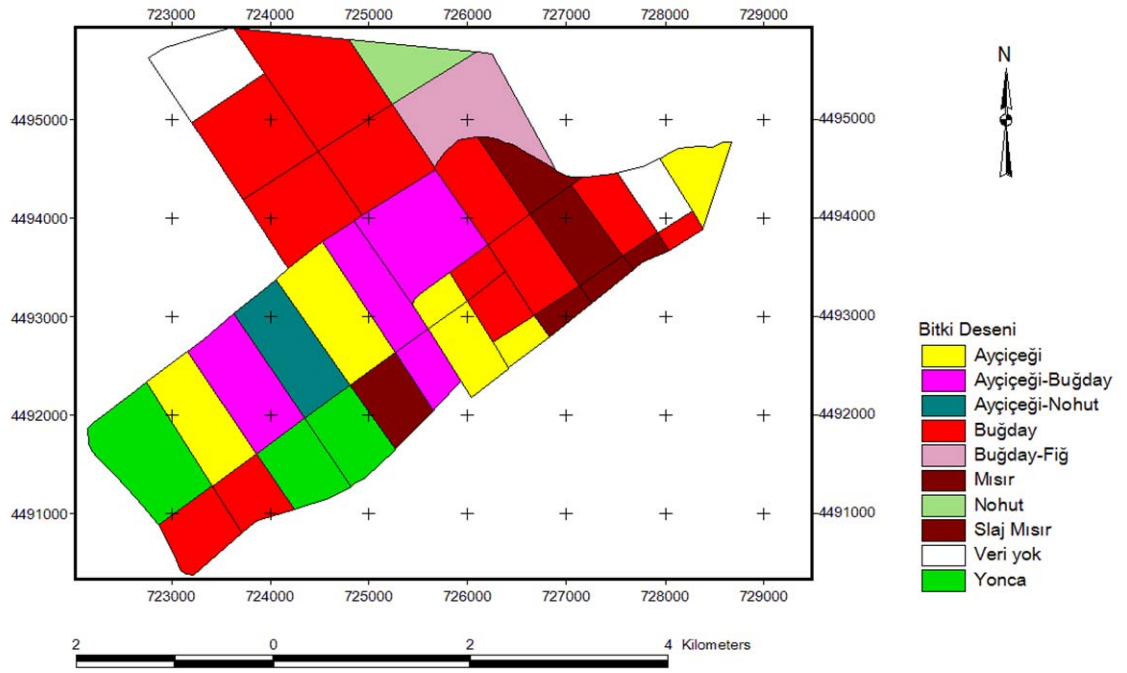
Şekil 3.5 Kullanılan gübre deseni (1999-2000 ürün dönemi)



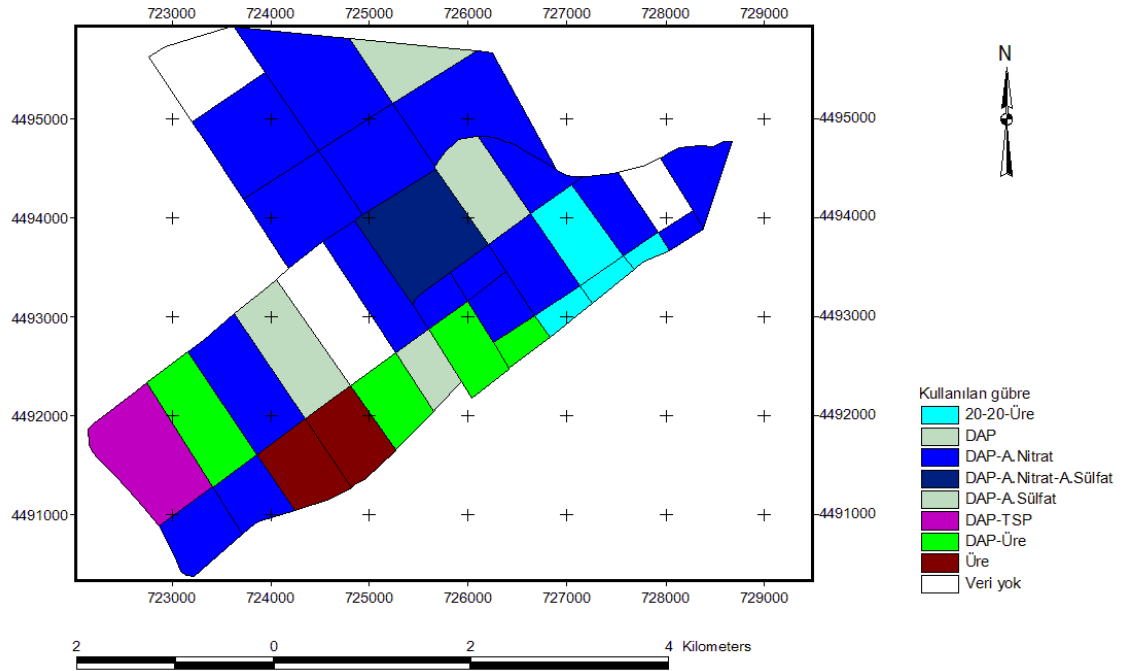
Şekil 3.6 Ekilen bitki deseni (2000-2001 ürün dönemi)



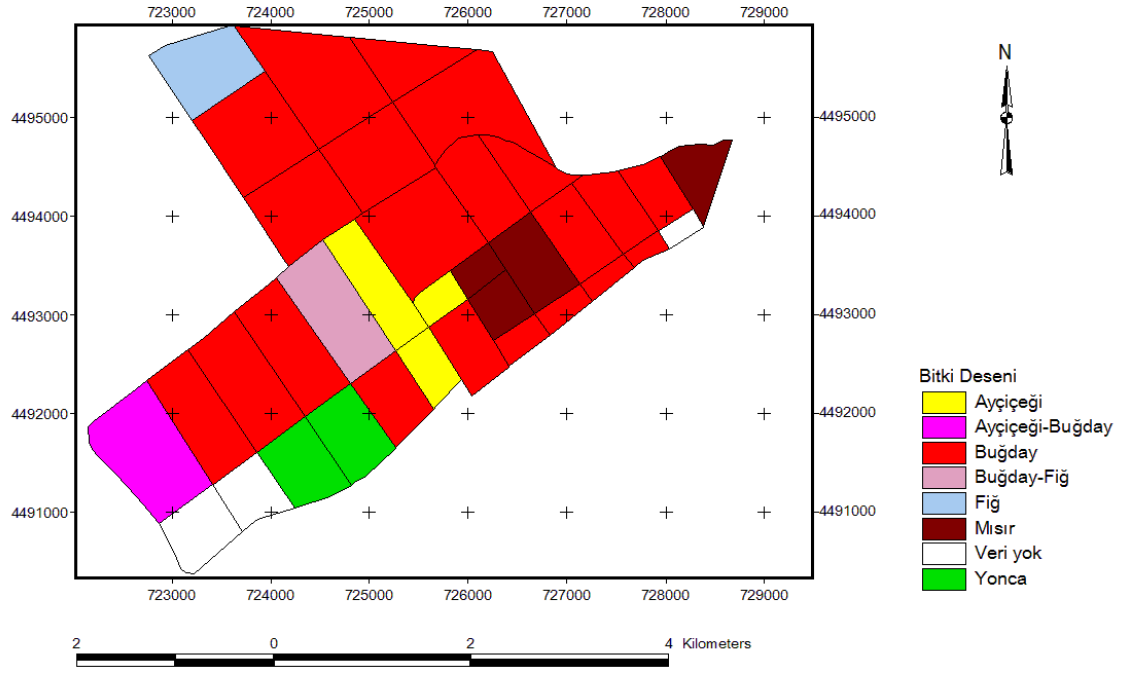
Şekil 3.7 Kullanılan gübre deseni (2000-2001 ürün dönemi)



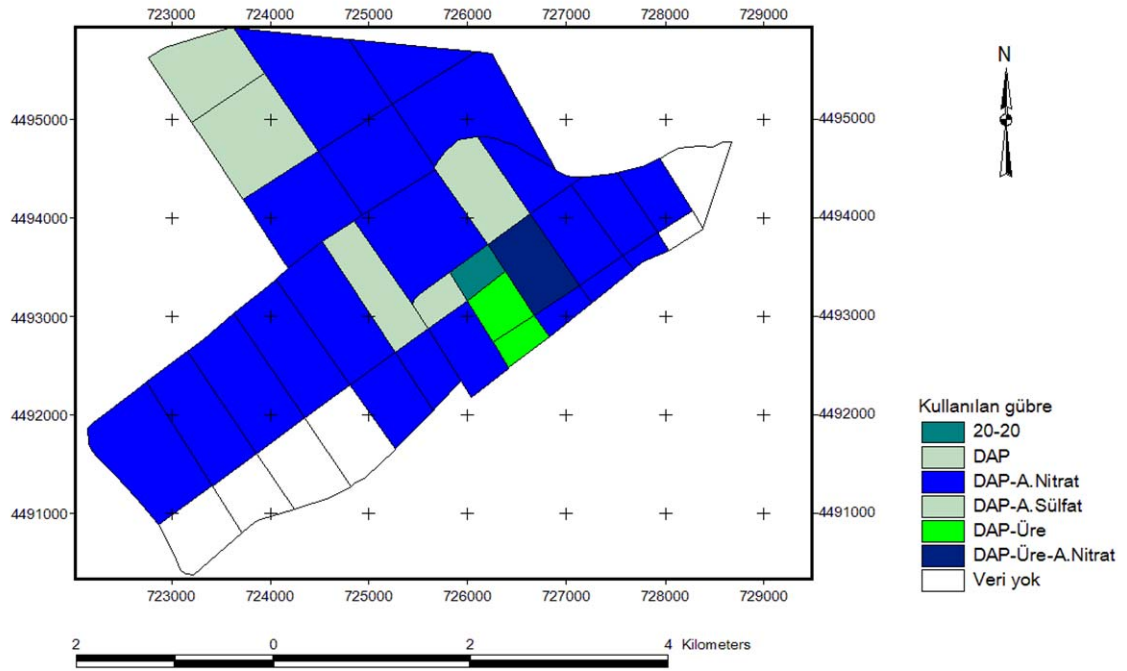
Şekil 3.8 Ekilen bitki deseni (2001-2002 ürün dönemi)



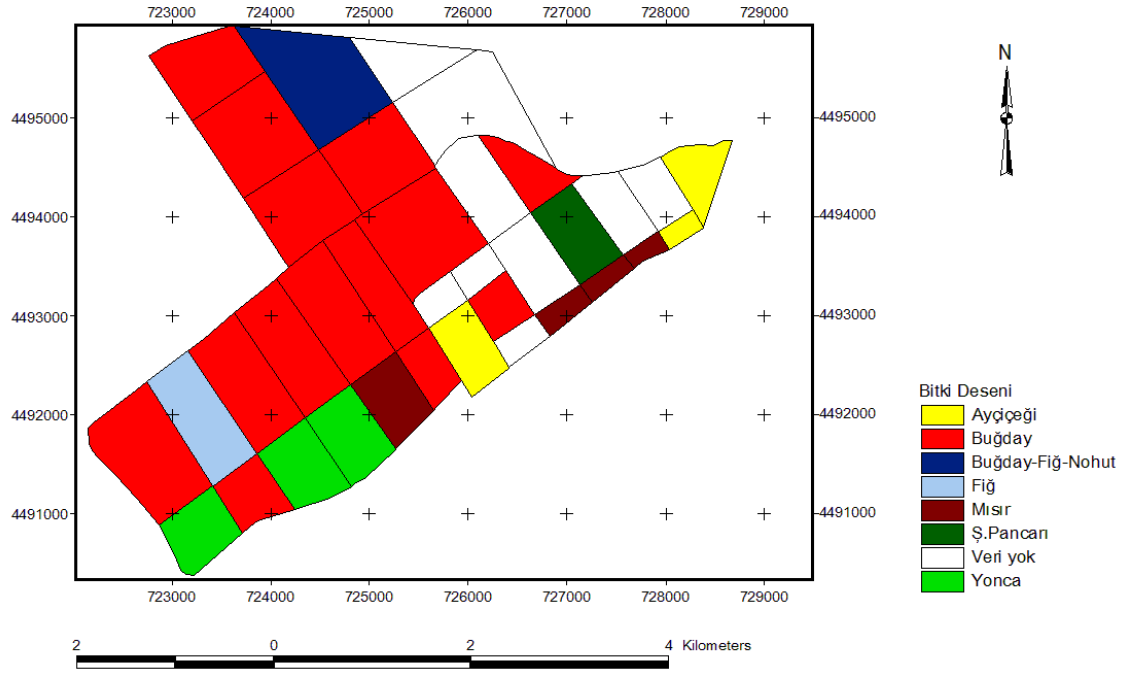
Şekil 3.9 Kullanılan gübre deseni (2001-2002 ürün dönemi)



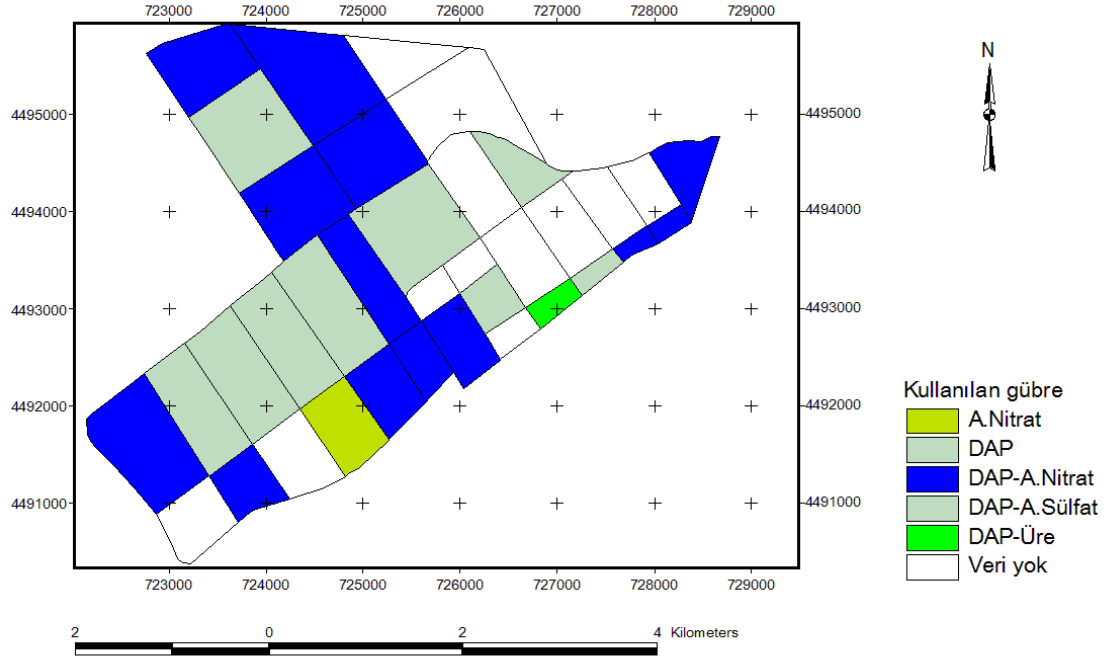
Şekil 3.10 Ekilen bitki deseni (2002-2003 ürün dönemi)



Şekil 3.11 Kullanılan gübre deseni (2002-2003 ürün dönemi)



Şekil 3.12 Ekilen bitki deseni (2003-2004 ürün dönemi)



Şekil 3.13 Kullanılan gübre deseni (2003-2004 ürün dönemi)

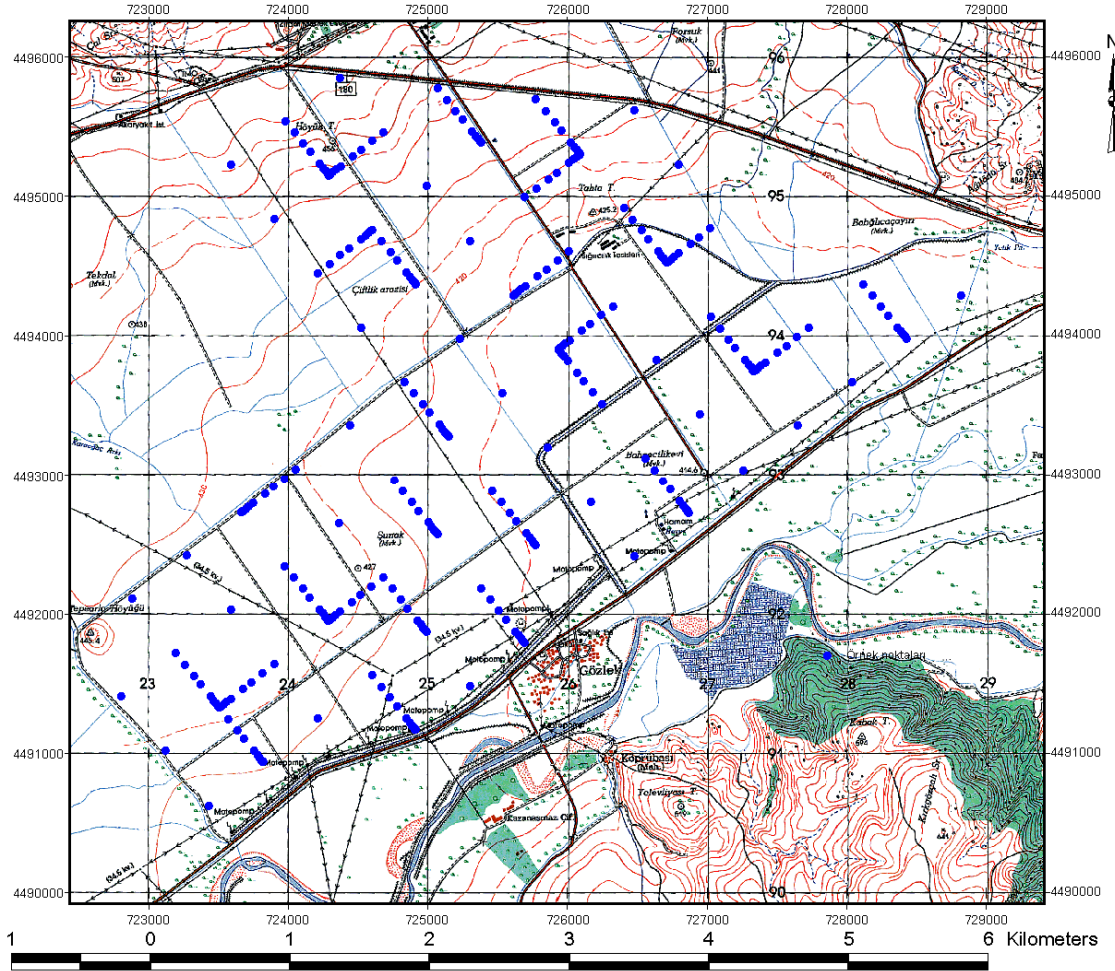
3.2 Yöntem

3.2.1 Örneklem planı ve toprak örneklerinin alınması

Örneklem noktaları arazi içerisinde total station aleti ile belirlenmiştir. Total station aleti hem mesafe hem de koordinat okuma özelliğine sahip olması nedeni ile arazi çalışmasında örnek noktalarının yerlerinin koordinat düzleminde belirlenmesi ve arazide 500x500 m'lik grid düzleminin ve ara hat (transekt) noktalarının oluşturulması amacıyla kullanılmıştır.

Total station aletinin çalışma prensibi nedeniyle başlangıçta arazi içerisinde koordinatları kesin olarak bilinen iki noktaya ihtiyaç vardır. Bu amaçla önce çalışma arazisi içerisinde Tepeharla Höyüğü üzerinde yer alan ana nirengi noktası başlangıç noktası olarak seçilmiş ve bu noktanın X,Y koordinatları total station aleti ile okunarak kaydedilmiştir. Bu noktadan X,Y koordinatları bilinen ikinci bir noktaya doğrultu alınarak araştırma alanına ait koordinat düzlemi total station aletinde tanımlanmıştır. Bu tanımlamanın yapılmasıyla toprak örneklemesine başlanmış ve örnekleme için ilk nokta Tepeharla Höyüğü başlangıç noktasından arazi içerisinde herhangi bir noktanın koordinatları okunarak belirlenmiştir. Daha sonra grid örneklemesinin başlangıç noktası kabul edilen bu noktanın doğu-batı, kuzey-güney doğrultusunda 500 m'lik mesafelerde 74 adet poligon noktası belirlenmiş ve bu noktalardan toprak örnekleme yapılmıştır. Aynı zamanda poligon noktaları arasına 28 adet transekt yerleştirilmiş ve her bir transekt üzerinde 8 adet (başlangıç noktasından sonra 5, 15, 35, 65, 105, 215, 295, 395 m) örnek noktası alınarak toplam 224 adet ($8 \times 28 = 224$) transekt örnekleme noktası belirlenmiş ve bu noktalardan toprak örnekleme yapılmıştır. Arazi çalışmasında toplam olarak (Poligon+Transekt) belirlenen 298 noktanın koordinat okumaları Total Station aleti ile yapılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.14). Toprak örnekleme sırasında 298 noktanın üst toprak derinliği arazi ölçümleriyle belirlenmiştir. 0-20 cm'den alınan bozulmuş yüzey toprak örneklerinde ise laboratuvar koşullarında, araştırma kapsamında belirlenen toprak kalite göstergelerinden toprak tekstürü (% kil, silt, kum), daimi solma noktası, pH, EC ve toplam organik karbon analizleri yapılmıştır. Belirlenen diğer toprak kalite göstergelerinden toprak hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve hidrolik iletkenlik analizleri ise 98 cm^3 (5x5 cm) hacmindeki bozulmamış örnek alma silindirlerine alınan bozulmamış toprak örneklerinde yapılmıştır.

Arazi çalışması bozulmuş toprak örnekleri için 2004 yılı sonbaharında, bozulmamış toprak örnekleri için ise 2006 yılı ilkbaharında yapılmıştır. Arazi içerisindeki örnekleme noktaları Şekil 3.14’de mavi renk ile gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Toprak örnekleme planı

3.2.2 Laboratuar analizleri

3.2.2.1 Fiziksel analizler

Toprak tekstürü: Hidrometre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bouyoucous 1951).

Toprak hacim ağırlığı: Bozulmamış toprak örneklerinde Blake and Hartge (1986)’nin önerdiği şekilde belirlenmiştir.

Tarla kapasitesi: Seramik levhalar üzerine yerleştirilen suyla doymun bozulmamış toprak örnekleri üzerine 1/3 atm'lik basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Klute 1986).

Daimi solma noktası: Seramik levhalar üzerine yerleştirilen 2 mm'den elenmiş suyla doymun toprak örnekleri üzerine 15 atm'lik basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Klute 1986).

Hidrolik İletkenlik: Bozulmamış toprak örneklerinde sabit su seviyeli hidrolik iletkenlik seti kullanarak belirlenmiştir. Alttan kapilarite ile doymun hale getirilen bozulmamış toprak örneklerinde 3 farklı zamanda 30 dakikalık sürelerle okumalar yapılarak hidrolik iletkenlik hesaplanmış, değerlendirmede hesaplanan hidrolik iletkenliklerin ortalaması alınarak elde edilen ortalama hidrolik iletkenlik değeri kullanılmıştır (Klute and Dirksen 1986).

Üst Toprak Derinliği: Arazide toprak yüzeyinden itibaren dirençle karşılaşılın derinliğe kadar olan mesafeyi tanımlamaktadır. Bu mesafe arazide kürekle kazılıp derinliğin ölçülmesi ile belirlenmiştir.

3.2.2.2 Kimyasal analizler

pH: 1:2'lik toprak-su karışımında cam elektrotlu pH metre kullanarak belirlenmiştir (Hendershot *et al.* 1993).

EC: 1:2'lik toprak-su karışımında EC metre aleti kullanılarak belirlenmiştir (Rhoades 1986).

Toplam organik karbon: Jackson tarafından modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Jackson 1958).

3.2.3 Jeostatistiksel analizler

3.2.3.1 Jeostatistik

Sıklık (frekans) dağılımı örneklenen populasyonlardaki değişkenliği tanımlama yeteneğimizi biraz sınırlandırır, çünkü sıklık dağılımı örneklenen noktalarda bize toprak örnekleri arasındaki uzaysal korelasyon hakkında herhangi bir bilgi sağlamaz. Toprak özellikleri çoğunlukla arazi üzerinde rasgele bir şekilde bulunmaz. Genelde, uzaysal olarak birbirine yakın alınan örneklerde toprak özelliklerine ait değerler benzer veya uzaysal ilişkili olacaktır (Oliver 1987). Uzaysal olarak uzak örneklerin genellikle toprak özellikleri

farklı ve uzaysal olarak da ilişkisi olmayacaktır. Uzaysal bağımlılık, uzaysal olarak birbirine yakın örneklerin uzak örneklerden daha fazla benzerlik göstermesiyle kendini gösterir (Mulla and McBratney 2001).

Bir populasyonun uzaysal yapısı jeostatistikte geliştirilen yaklaşımlar kullanılarak tahmin edilebilir (Journel and Huijbregts 1978; Isaaks and Srivastava 1989; Cressie 1991). Jeostatistik, ölçülen bir özelliğin uzaysal yapısını ve uzaysal bağımlılığını belirleyen uygulamalı istatistiğin bir koludur ve bu uzaysal yapı örneklenmeyen noktalardaki özelliklerin değerlerini tahmin etmek için kullanılır. Bu uygulama genel olarak uzaysal modelleme (variogram) ve uzaysal interpolasyon (kriging) olmak üzere iki aşamayı içerir.

3.2.3.2 Bölgesel değişkenlik

Jeostatistiğin kendine has dilinde bölgesel değişkenlik toprak nemi veya hidrolik iletkenlik gibi örneklenebilen bir özelliktir. Bu bölgesel değişken çalışılan alan içindeki her noktada bir değere sahiptir ve bütün bu örneklenen noktalarda bölgesel değişkenlerin toplamı raslantı fonksiyonu olarak bilinir. Bu raslantı fonksiyonu örneklenen noktalarda (x_i) basit olarak z_i veya $z(x_i)$ gibi değerlere sahip $Z(x)$ olarak bilinen bölgesel değişkeni tanımlar. Eğer bölge, örnekleme populasyonunun alt örnekleme anlamında bir çok farklı zamanda örneklenirse burada bölgesel değişkenliğin bir çok anlamı olabilir (Mulla and McBratney 2001).

3.2.3.3 Variogram

Uzaysal bağımlılık variogram kullanılarak modellenabilir ve ölçülebilir (Burgess and Webster 1980a). Variogram eşitlik (1) kullanılarak tahmin edilir;

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (z(x) - z(x+h))^2 \quad (1)$$

Burada;

h : ayırma uzaklığı (lag)

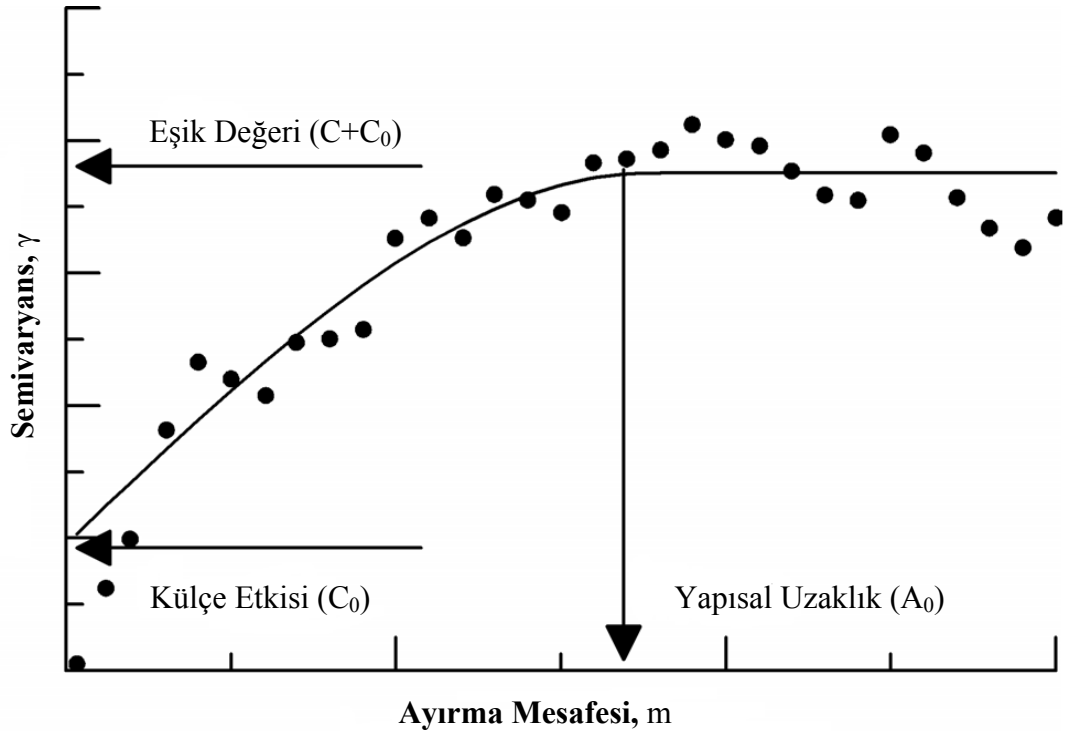
$\gamma(h)$: h uzaklığı için semivaryans

$z(x_i)$: x noktasında ölçülmüş örnek değeri

$z(x_i+h)$: $x+h$ noktasında ölçülmüş örnek değeri

N : h ayırma uzaklığı için çiftlerin toplam sayısı

Yetgin (2004)'e göre variogram yöne bağlı olmadan ortalaniyorsa isotropik veya omnidirectional variogramdır. Değişkenin özellikleri yöne bağlı olarak değişiyorsa variogram anisotropik olarak tanımlanır. İki tip anisotropik variogram vardır (Webster and Oliver 1990). Şayet eşik değeri yöne bağlı olarak değişiyorsa zonal anisotropik variogram, yapısal uzaklık yöne bağlı olarak değişiyorsa geometrik anisotropik variogramdır (Mulla and McBratney 2001).



Şekil 3.15 Tipik bir variogramın göstergeleri

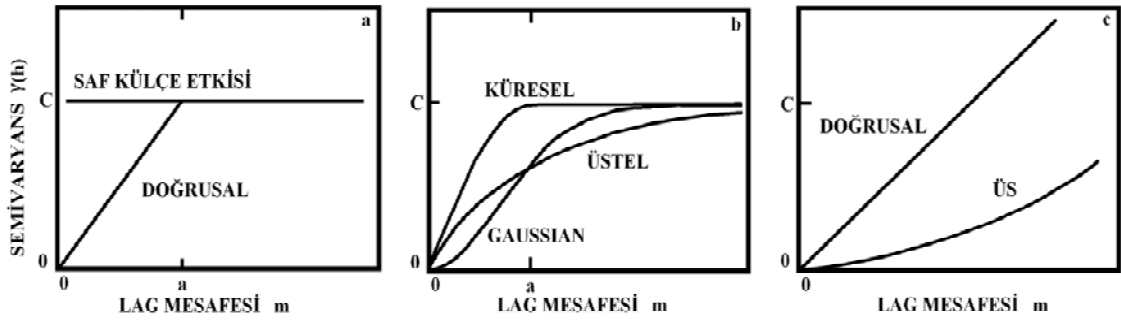
Ayırma uzaklığı artar ise semivaryans da artar ve eşik değeri olarak tanımlanan düzeyde en yüksek değerine ulaşır. Uzaysal bağımlılığı sınırlayan yapısal uzaklık variogramın eşik değerine ulaştığı noktada ayırma mesafesi olarak tanımlanır (Webster and Oliver 1990). Variogramın bir diğer karakteristiği olan külçe etkisi variogram orjininde süreksizlik olarak çıkar. Külçe etkisi gözlemler arasındaki en düşük mesafeden daha küçük mesafelerdeki mikro değişkenlik ve/veya ölçüm hatalarından kaynaklanır. Pratikte külçe etkisi ve diğer variogram göstergeleri uygun bir modelle birlikte belirli ayırma uzaklıklarında variogramların regresyonuyla hesaplanır.

Örnek noktaları arasındaki uzaysal ilişkiye dair kararlar için muhtemelen en önemli variogram göstergesi yapısal uzaklıktır. Eğer bir bölgede bir toprak özelliğinin uzaysal modelini anlamak için örnekleme yapılıyorsa, örnekleme sırasında örnekler arası uzaklık variogramın yapısal uzaklık değerinden daha kısa olarak oluşturulmalıdır. Eğer örnekler yapısal uzaklıktan daha büyük ayırma mesafesiyle ayrılıyorsa, bu durumda örnek alınan noktalar arasında uzaysal bağımlılık olmayacaktır. Böyle bir kullanım jeostatistik kullanımına uygun olmamaktadır (Mulla and McBratney 2001). Mulla and McBratney (2001)'in bildirdiğine göre bazı toprak özelliklerine ait variogram yapısal uzaklık değerleri Çizelge 3.3'de görülmektedir (Jurry 1986; Warrick *et al.* 1986; Wollenhaupt *et al.* 1997; McBratney and Pringle 1997).

Çizelge 3.3 Bazı toprak özelliklerine ait yapısal uzaklık değerleri ve uzaysal bağımlılığı (Mulla and McBratney 2001)

Toprak Özelliği	Yapısal Uzaklık (m)	Uzaysal bağımlılık
Doymuş hidrolik iletkenlik	1-34	Kısa mesafe
% Kum	5-40	Kısa mesafe
Doymuş su içeriği	14-79	Kısa-orta mesafe
Toprak pH'sı	20-260	Kısa-orta mesafe
Bitki verimi	70-700	Orta-uzun mesafe
Toprak nitrat-N	40-275	Orta-uzun mesafe
Toprak alınabilir K	755-428	Orta-uzun mesafe
Toprak alınabilir P	68-260	Orta-uzun mesafe
Organik madde içeriği	112-250	Uzun mesafe

Yetgin (2004)'e göre deneysel variogram Gaussian model, üstel (exponential) model, küresel (spherical) model ve doğrusal (linear) modellerden birisi veya bu modellerin bir kombinasyonu ile ifade edilebilir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Yaygın olarak kullanılan variogram modelleri

Çizelge 3.4 Variogram modellerine ait eşitlikler

Model	Eşitlik	Anlamı
Sınırlı veya Geçişken		
Saf Hata Varyansı	$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C & h > 0 \end{cases}$	$h = 0$ $h > 0$
Doğrusal	$\gamma(h) = \begin{cases} Ch/a & 0 \leq h \leq a \\ C & h > a \end{cases}$	$0 \leq h \leq a$ $h > a$
Küresel	$\gamma(h) = \begin{cases} C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & 0 \leq h \leq a \\ C & h > a \end{cases}$	$0 \leq h \leq a$ $h > a$
Üstel	$\gamma(h) = C[1 - \exp(-h/a)]$	$h \geq 0$
Gaussian	$\gamma(h) = C[1 - \exp[-(h/a)^2]]$	$h \geq 0$
Sınırsız veya Geçişken olmayan		
Doğrusal	$\gamma(h) = mh$	$h \geq 0$
Üs	$\gamma(h) = mh^\beta$	$h \geq 0 ; 1 < \beta < 2$

Eğer variogram bir eşiğe ulaşıyorsa variogram modelleri en uygun modellerdir. Orjine yakın yerdeki semivaryansın davranışına göre 3 tip variogram modeli vardır. Eğer orjin yakınında semivaryans parabolik davranıyorsa Gaussian model, orjin yakınında doğrusal davranıyorsa küresel model yada üstel model en uygun model olmaktadır. Eşik değeri yapısal uzaklığın 1/5'i ile kesişiyorsa muhtemelen üstel model küresel modelden daha uygun uyum sağlayacaktır. Eşik değeri yapısal uzaklığın 2/3'ü ile kesişiyorsa küresel model daha uygun uyum sağlayacaktır. Eğer semivaryans bir eşiğe ulaşamıyorsa doğrusal model en uygun model olmaktadır (Isaaks and Srivastava 1989).

2.3.4 Çapraz doğrulama

Çapraz doğrulama ölçülen değerler ile kriging sonucu tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki bu ilişki bize yapılan tahminin doğruluğu hakkında bilgi vermektedir. Çapraz doğrulama sonucu ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark hata olarak tanımlanır. İyi bir kriging tahmininde hata ortalamasının sıfır, hata kareler ortalamasının da düşük olması beklenir. Çapraz doğrulama hataları önemli uzaysal bilgiler içermektedir. Çapraz doğrulama sonucu bulunan hatalar ile bir uzaysal dağılım çalışmasında tahminlerin zayıf kaldığı bölgeler hakkında fikir edinilebilir.

Çapraz doğrulama uygulamalarında, tahmin yöntemi gerçek örnek noktalarında test edilmektedir. Bilinen bir noktadaki örnek değer, örnek veri setinden yok sayılır. Aynı noktadaki değer geri kalan örnek değerler kullanılarak tahmin edilir. Daha sonra örnek setinden ilk uzaklaştırılan değer ile ölçülen değer karşılaştırılabilir. Bu uygulama bütün örnek değerleri için yapılmaktadır. Ölçülen değer ile tahmini değer sonuçları klasik istatistik yöntemler kullanılarak karşılaştırılabilir. Standart hataların ortalaması sıfır ve varyansı 1'e eşit olmalı ve hatalar normal dağılım göstermelidir (Isaaks and Srivastava 1989).

Başkan (2004)'e göre çapraz doğrulama yöntemi, teorik variogram parametrelerinin çalışma alanını temsil edip edemeyeceğinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Vieira *et al.* 1983).

3.2.3.5 Krigleme

Kriging temelde bir doğrusal interpolasyon tekniğidir ve jeoistatistiksel yaklaşımı ifade eden genel bir terimdir. Kriging, örnekleme yapılmayan alanların tahmininde interpolasyon yöntemini kullanır ve bu işlem sırasında örneklenen alanlardaki bilinen değerlerin ağırlıklı ortalamasından yararlanarak tahmin yapar. Kriging, variogramın yapısal özelliklerini ve örneklenmiş noktaları kullanarak örnek alınmamış noktalardaki bölgeselleştirmiş değişkeni optimum ve yansız olarak tahmin eden bir tekniktir (Trangmar *et al.* 1985). İşlem matematiksel olarak eşitlik (2)'deği gibi ifade edilir.

$$Z_0 = \sum_{i=1}^N Z_i \times W_i \quad (2)$$

eşitliği ile tahmin edilebilmektedir. Eşitlikte;

- Z_0 : Tahmin edilen değer;
- Z_i : Ölçülen değer;
- W_i : Ağırlığı ifade etmektedir.

Ağırlık (W_i);

$$W_i = \Gamma^{-1} \times C \quad (3)$$

bağlantısı ile hesaplanmaktadır.

- W_i : Ağırlık vektörü,
- Γ : Variogram matrisi,
- C : Tahmin edilecek nokta ile tahminde kullanılacak örnekler arasındaki uzaklığa ilişkin variogramları içeren vektördür.

Kriging ağırlığını hesaplamak için, uzaysal bağımlılığın özelliğine (variogram göstergelerine) ve modeline karar verilmelidir. Jeostatistik, variogram kullanarak uzaysal bağımlılığı belirlerken, Kovaryans kullanılarak kriging yapılabilir.

Covaryans;

$$\tilde{C}(\mathbf{h}) = C(\mathbf{0}) - \gamma(\mathbf{h}) \quad (4)$$

eşitliği ile gösterilmektedir. Eşitlik (4) kullanılarak Γ ve C hesaplanmaktadır.

Akbaş (2004)'e göre veri kümelerinin özelliklerine ve çalışmaların amaçlarına göre çeşitli krigleme yöntemleri önerilmektedir. Eğer tahmin edilecek değer tek bir noktaya ait ise ortalamasız kriging, bir alana ait ise blok kriging yöntemi uygulanmaktadır. Eğer veriler lognormal bir dağılımdan geliyor ise ayırıcı kriging yöntemi, verilerde eğilim var ise  niversal kriging yöntemi uygulanmaktadır. Ayrıca belli sınır değerler üzerinde ve altında kalan değerler için özel dönüşümler içinde indikatör kriging yöntemi kullanılır (Trangmar *et al.* 1985).

Başkan (2004)'e göre kriging analizini diğer interpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için hata varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu, tahmin edilen değerin güven derecesinin bir ölçüsüdür. Eğer bir nokta veya alan için hesaplanan hata varyansı değeri, gerçek varyanstan daha küçük ise toprak özelliğinin ölçülmeyen nokta veya alanı için tahmin edilen değerinin güvenilir olduğu kabul edilir (Trangmar *et al.* 1985).

3.2.4 Variogram analizi

Toprak kalite göstergelerinden toprak fiziksel özellikleri içerisinde yer alan kum, silt, kil, hacim ağırlığı, doymuş hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi, solma noktası, üst toprak derinliği ve kimyasal özellikleri içerisinde yer alan toplam organik karbon, pH, EC olmak üzere toplam 11 kalite göstergesine ait tanımsal istatistikler ile değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları bilgisayarda GS+ 7.0 paket programı ve Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Toprak  zelliklerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesinde ise GS⁺ 7.0 paket programı kullanılmıştır. Değişkenlere ait en uygun variogram ve model hesaplanırken korelasyon katsayısını (r) en yüksek, hata kareler ortalamasını (RSS) en düşük yapan aktif ayırma mesafesi, uniform veya uniform olmayan ayırma sınıfları belirlenmiştir. Hesaplanan her variogram sonrasında çapraz doğrulama yapılarak ölçülen değer ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkinin derecesine bakılmıştır. Çapraz doğrulama sonucunda değişkenlerde daha iyi variogram oluşturabilmek için ayırma uzaklığı veya ayırma sayısında ayarlamaya

gidilmiştir. Ayırma uzaklığı veya sayısının sonuç vermediği durumlarda ise uyumu bozan uç değerlerin atılması yoluna gidilmiştir. Bu uygulamalardan sonra uygun variogram modelleri oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak her bir toprak özelliğine ilişkin külçe etkisi (C_0), eşik değeri (C_0+C), yapısal uzaklık (A_0) gibi variogram göstergeleri hesaplanmıştır.

Toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliğinin belirlenmesi sırasında elde edilen variogram göstergeleri kullanılarak kriging yapılmış ve ilgili özelliğin örneklenmeyen noktalardaki değerleri tahmin edilerek çalışma alanındaki değişim deseni çıkarılmıştır. Krigleme haritalarının elde edilmesi sırasında ArcMap 9.2 GIS programı kullanılmıştır. Krigleme standart sapma değerleri haritalanarak kriglemenin zayıf kaldığı bölgeler belirlenmiştir. Arazinin bu bölgelerinde krigleme başarısının arttırılabilmesi için alınabilecek önlemler tartışılmıştır.

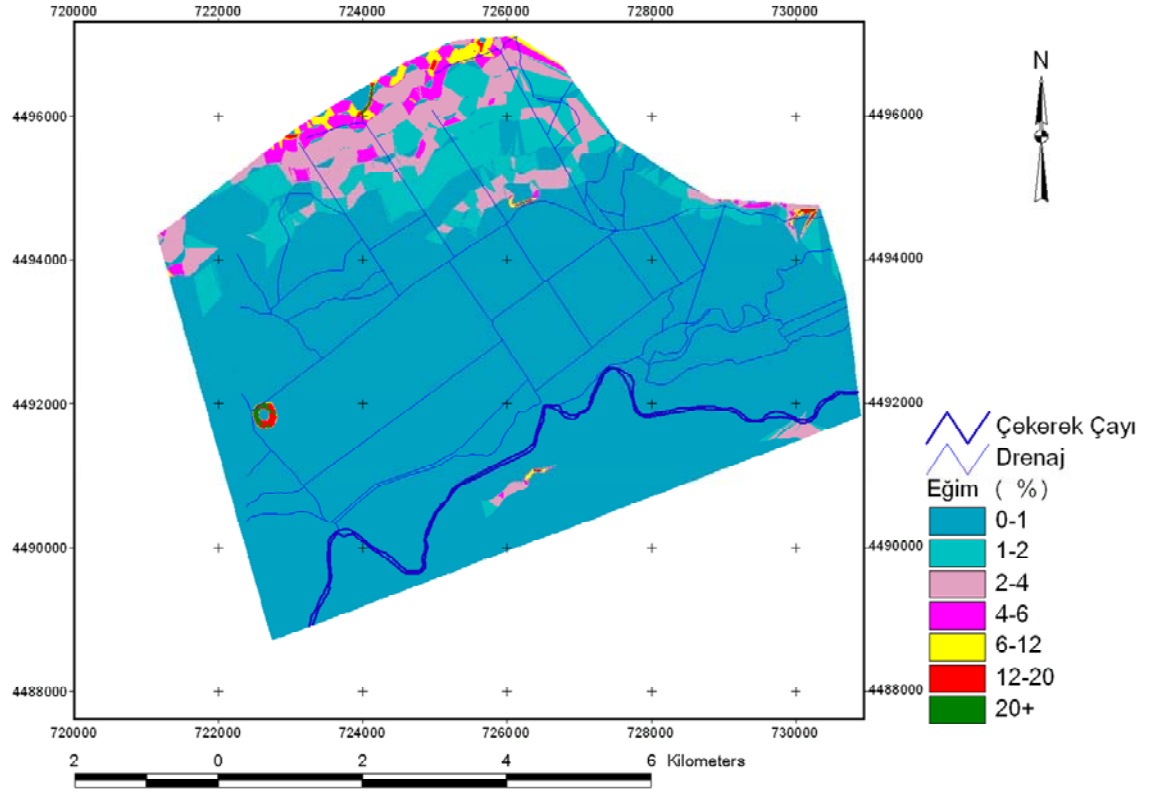
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Çalışma Alanı Toprakları

Gökhöyük Tarım İşletmesi toprakları üç ayrı fizyografik ünite üzerinde, değişik ana materyallere ve farklı morfolojik özelliklere sahip 10 farklı toprak serisinden oluşmaktadır. İşletme topraklarının büyük çoğunluğunu oluşturan ve Amasya-Çorum karayolunun güneyinde kalan araştırma alanı, yüksek arazilerden erozyonla taşınarak bunların eteklerinde depolanmış sedimentlerle kaplı koluviyal arazilerden ve Çekerek çayı depozitlerinden oluşmuş aluviyal arazilerden meydana gelen 6 farklı toprak serisiyle tanımlanmaktadır (Anonim 1984).

Koluviyal araziler, yüzey akışa geçen sularla yamaçlardan eğim yönünde taşınarak biriktirilen koluviyal materyaller üzerinde oluşmuş topraklardan meydana gelmektedir (Anonim 1984). Yüzeyinde ve profilinde yer alan köşeli, yarı köşeli taş ve çakıllar nedeniyle kaba bünyeye sahip olan koluviyal araziler araştırma alanında hafif ve orta eğimli bir topografya üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Araştırma alanı içerisinde yer alan koluviyal topraklar Doğantepe ve Kötüköy serileriyle tanımlanmıştır (Anonim 1984).

Aluviyal araziler, çiftlik arazilerinin güney doğu sınırında akan Çekerek çayı yatağının her iki tarafında yer alan taşkın düzlükleri üzerinde oluşmuş topraklardan meydana gelmektedir (Anonim 1984). Aluviyal toprakların tamamı düz ve düze yakın eğimli bir topografya üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Depolanan aluviyal materyalin tekstür ve drenaj gibi özellikleri taşkın düzlüğündeki konumuna göre değişmektedir. Nehir yatağına en yakın yerlerde genellikle drenajı iyi, kaba aluviyal materyaller, en uzak yerlerde ise genellikle kötü drenajlı ve yer yer tuzlu ince materyaller bulunmaktadır (Anonim 1984). Araştırma alanındaki aluviyal topraklar, aluviyal ana materyalin depolanış şekline ve tekstürdeki farklılıklara göre Yassıhöyük, Eskidere, Çekerek, Kötüköy, Gözlek serilerinde tanımlanmıştır (Anonim 1984).



Şekil 4.1 Çalışma alanı eğim sınıfları ve drenaj kanalları haritası

Gökhöyük Tarım İşletmesi arazileri içerisinde yer alan koluviyal ve aluviyal topraklardan oluşan çalışma alanında jeostatistiksel yöntemler kullanılarak toprak kalite değerlendirmesi yapabilmek amacıyla bazı göstergeler belirlenmiştir. Fiziksel kalite göstergelerinden tekstür (kil, silt ve kum içeriği), hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği ile kimyasal kalite göstergelerinden pH, EC, toplam organik karbon olmak üzere belirlenen 11 adet kalite göstergesinin arazi ölçümleri ve laboratuvar analizlerinden elde edilen sonuçları kullanılarak toprak kalite değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme sırasında kalite göstergelerine ait kullanılan analiz sonuçları EK 1’de, korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Kalite göstergelerine ait korelasyon analiz sonuçları

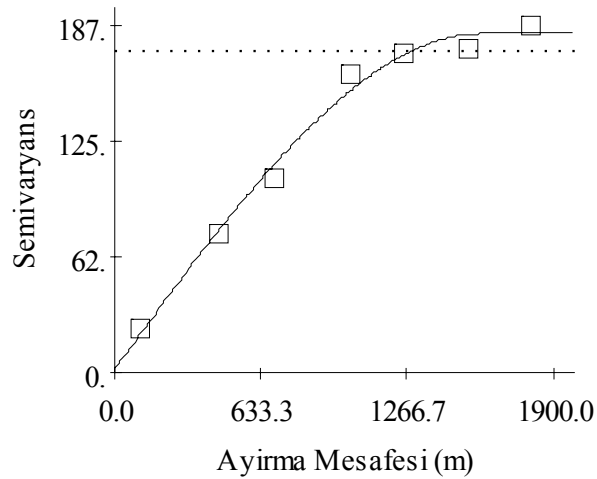
	Kil	Silt	Kum	HA	TK	SN	Hİ	ÜTD	pH	EC
Silt	-0.758 **									
Kum	-0.710 **	0.095								
HA	-0.442 **	0.323 **	0.349 **							
TK	0.867 **	-0.634 **	-0.655 **	-0.545 **						
SN	0.878 **	-0.596 **	-0.711 **	-0.548 **	0.870 **					
Hİ	-0.038	0.179 **	-0.140 *	-0.050	-0.081	-0.015				
ÜTD	-0.291 **	0.309 **	0.118 *	0.014	-0.330 **	-0.215 **	0.102			
pH	0.344 **	-0.287 **	-0.237 **	-0.237 **	0.364 **	0.402 **	-0.021	0.014		
EC	-0.366 **	0.446 **	0.119 *	0.155 **	-0.273 **	-0.300 **	0.038	0.097	-0.433 **	
OM	0.131 *	0.031	-0.253 **	-0.091	0.205 **	0.218 **	0.033	-0.094	0.068	-0.096

** : p<0.01
 * : p<0.05

4.2 Jeostatistiksel Yöntemle Toprak Kalite Göstergelerinin Değerlendirilmesi

4.2.1 Kil içeriği

Kil içeriğine (%) ait variogram grafiği Şekil 4.2’de görülmektedir. Kil içeriği için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2 Kil içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

Variogram modeli ile uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1594 m olarak bulunurken külçe etkisi 1.9, eşik değeri 182.5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Kil içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

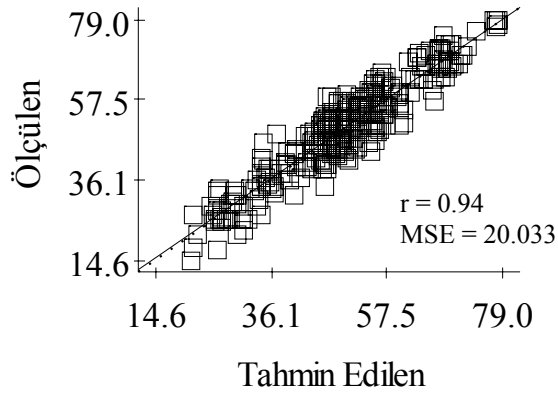
Model	C ₀ (Külçe Etkisi)	C ₀ +C (Eşik Değeri)	A ₀ (Yapısal Uzaklık)	R ²	RSS
Küresel	1.9	182.5	1594	0.989	253

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.2) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.3) için kil içeriğine ait toplam 9 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Kil içeriğinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenmiştir. Büyük yapısal uzaklık/küçük yapısal uzaklık oranı 0.5'in altında yöne bağlı değişimin olmadığı görülmüş ve oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Kil içeriğinde külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.01) düşük olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin düşük olması ilgili özelliğin arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda çok fazla değişkenlik göstermediğini açıklamaktadır (Çizelge 4. 2).

Araştırma alanı koluvial ve aluvial toprakları içermekte olup, hakim toprak yapısını da aluvial topraklar oluşturmaktadır. Aluvial arazilerde toprak özelliklerinin kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi beklenir. Ancak değişkenliğin yapısal uzaklığını belirleyen en önemli faktör ise arazinin topografyasıdır. Arazinin eğim yönüne dik konumda bulunan alanlarında değişkenlik kısa mesafelerde gerçekleşirken eğim yönüne paralel konumda bulunan alanlarında değişkenlik daha uzun mesafelerde gerçekleşebilir. Araştırma alanında aluvial toprakların bulunması nedeniyle değişkenliklerin yüksek ve kısa mesafelerde beklenmesine karşın kile ait değişkenliğin düşük ve uzun mesafeli bulunması arazi içerisindeki eğimin yönü ile açıklanabilir (Şekil 4.1).

Kil içeriği arazi içerisinde en yüksek değerlerine hakim eğim yönü olan güney batı yönündeki alanlarda ulaşırken en düşük kil içeriği kuzey-güney yönündeki alanlarda belirlenmiştir. Ayrıca külçe etkisinin düşük olması, kullanılan örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin arazi içerisinde kilin değişkenliğinin modellenmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

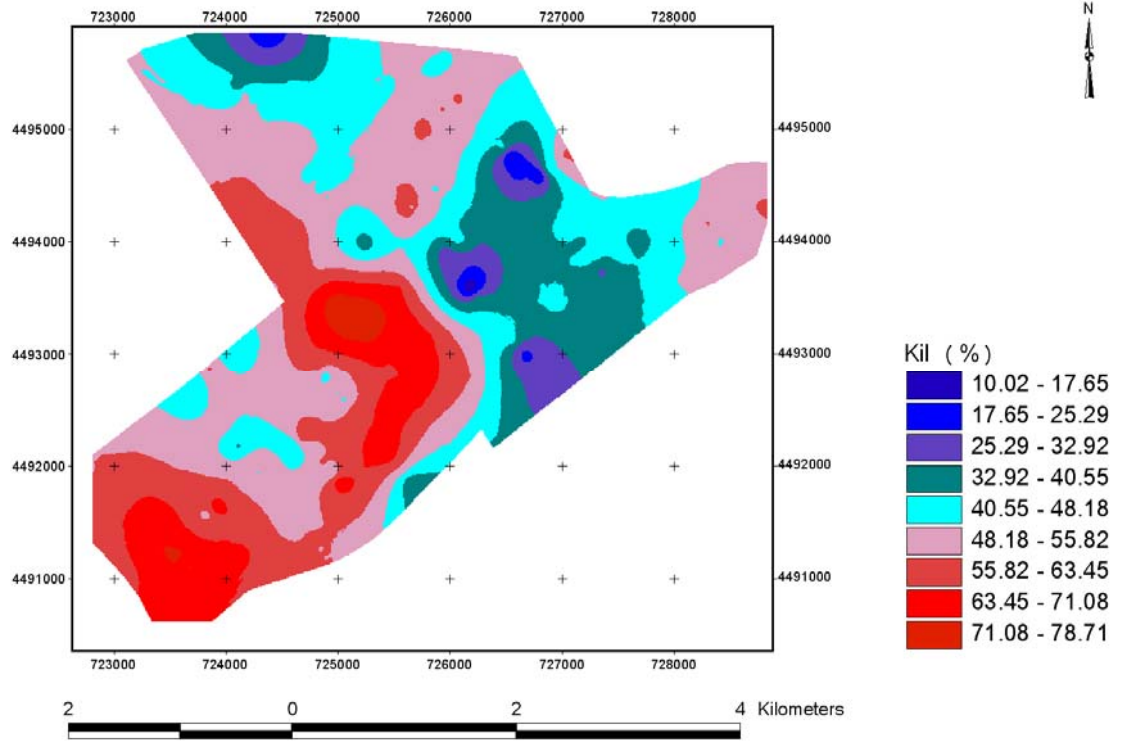


Şekil 4.3 Kil içeriği (%) için çapraz doğrulama grafiği

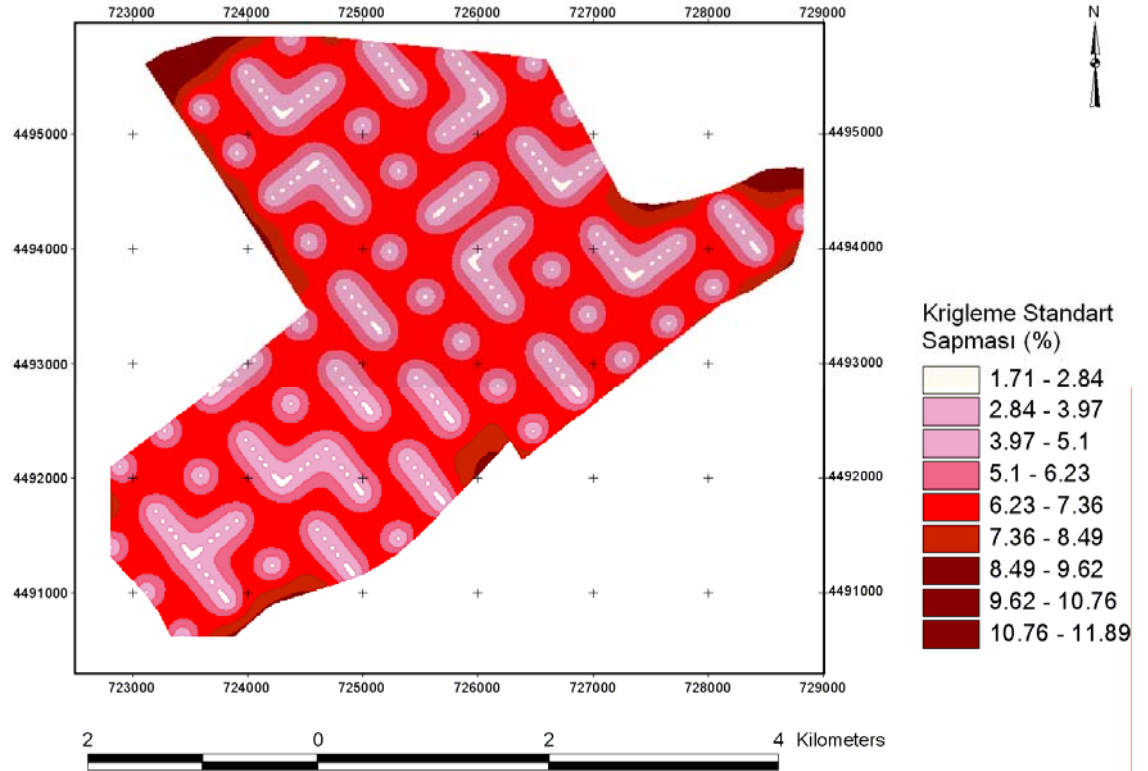
Veri setlerinin özelliklerine ve çalışmaların amaçlarına göre çeşitli krigleme yöntemleri önerilmektedir. Eğer tahmin edilecek değer tek bir noktaya ait ise ortalamasız kriging, bir alana ait ise blok kriging yöntemi uygulanmaktadır. Veriler lognormal bir dağılımdan geliyor ise ayırıcı kriging yöntemi, verilerde eğilim var ise üniversal kriging yöntemi uygulanmaktadır. Bunların dışında belli sınır değerler üzerinde ve altında kalan değerler için özel dönüşümler ile yapılan yöntem indikatör krigingdir (Trangmar *et al.* 1985).

Uygun variogram modeli kullanılarak kil içeriği için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.4). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.5’de görülmektedir.

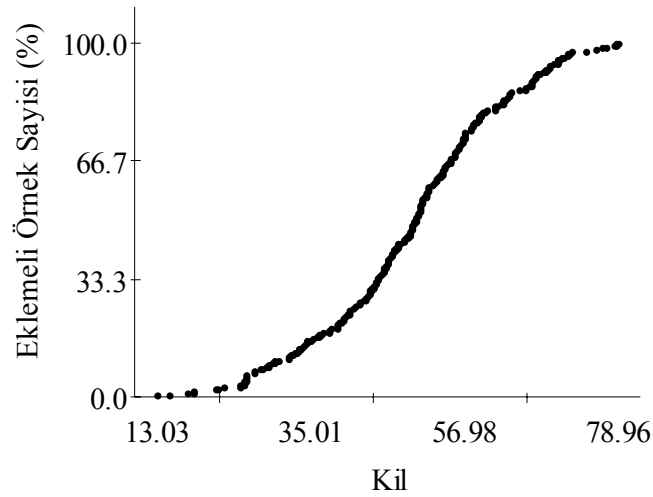
Kil içeriğine ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen kil içeriği ortalama % 49.29 olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük % 13.03, en yüksek % 78.96 olarak ölçülmüştür. Kil içeriğine ait çarpıklık değeri -0.18 bulunmuş ve bu nedenle veri setinde herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001). Tahmin kil içeriğine ait ortalama % 49.35 olarak belirlenirken en düşük kil içeriği % 21.14, en yüksek kil içeriği % 78.17 olarak tahmin edilmiştir. Kil içeriğine ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.6) ve çarpıklık katsayısı incelendiğinde kil değerlerinin arazinin bazı bölgelerinde ortalamanın çok altında değerler almasına karşın normal dağılım sergilediği görülmektedir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.4 Kil içeriği (%) için krigleme haritası



Şekil 4.5 Kil içeriği (%) için krigleme standart sapma haritası



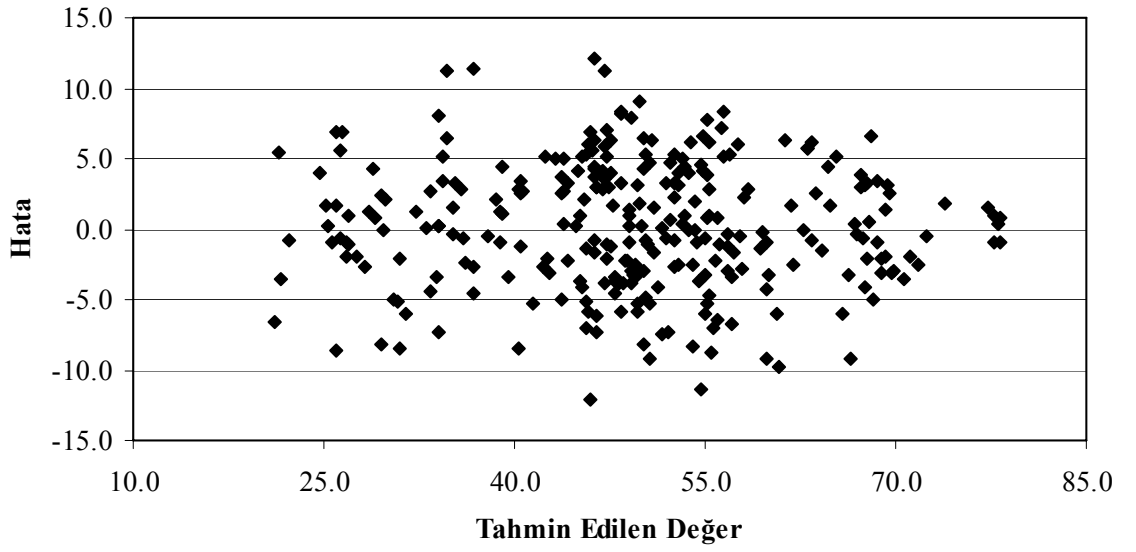
Şekil 4.6 Kil içeriği (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Ölçülen ve tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında variogram modelinin ortalamalara göre kil içeriklerini birbirine yakın tahmin ettiği görülmektedir. Bununla birlikte en düşük ve en yüksek değerlerde kullanılan variogram modelinin düşük değerleri yüksek tahmin ettiği, yüksek değerlerde ise aynı tahminde bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Kil içeriği (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	49.29	49.35
Standart Sapma	13.37	12.50
Değişkenlik Katsayısı, %	27.13	25.33
Varyans	178.80	156.16
En Küçük	13.03	21.14
En Büyük	78.96	78.17
Çarpıklık	-0.18	-0.06
Basıklık	-0.24	-0.28
Örnek Sayısı	297	288

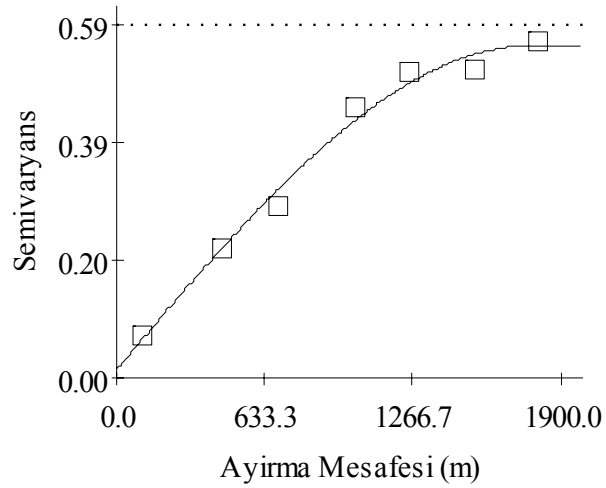
Kil içeriğine ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.7’de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişi güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7 Kil içeriği (%) için hata-tahmin grafiği

4.2.2 Silt içeriği

Silt içeriğine (%) ait variogram grafiği Şekil 4.8’de görülmektedir. Silt içeriği için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



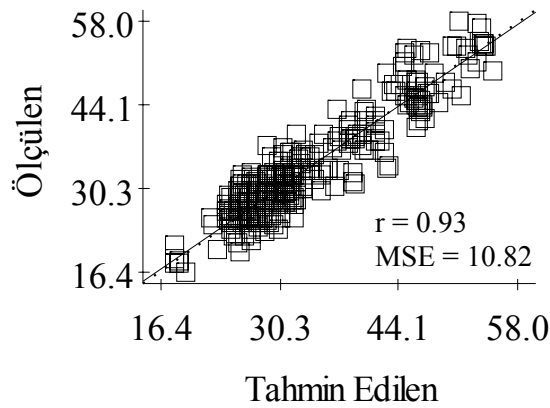
Şekil 4.8 Silt içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1769 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.014, eşik değeri 0.549 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Silt içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C ₀ (Külçe Etkisi)	C ₀ +C (Eşik Değeri)	A ₀ (Yapısal Uzaklık)	R ²	RSS
Küresel	0.014	0.549	1769	0.988	2.416E-03

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.8) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.9) için silt içeriğine ait toplam 6 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Silt içeriğinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.



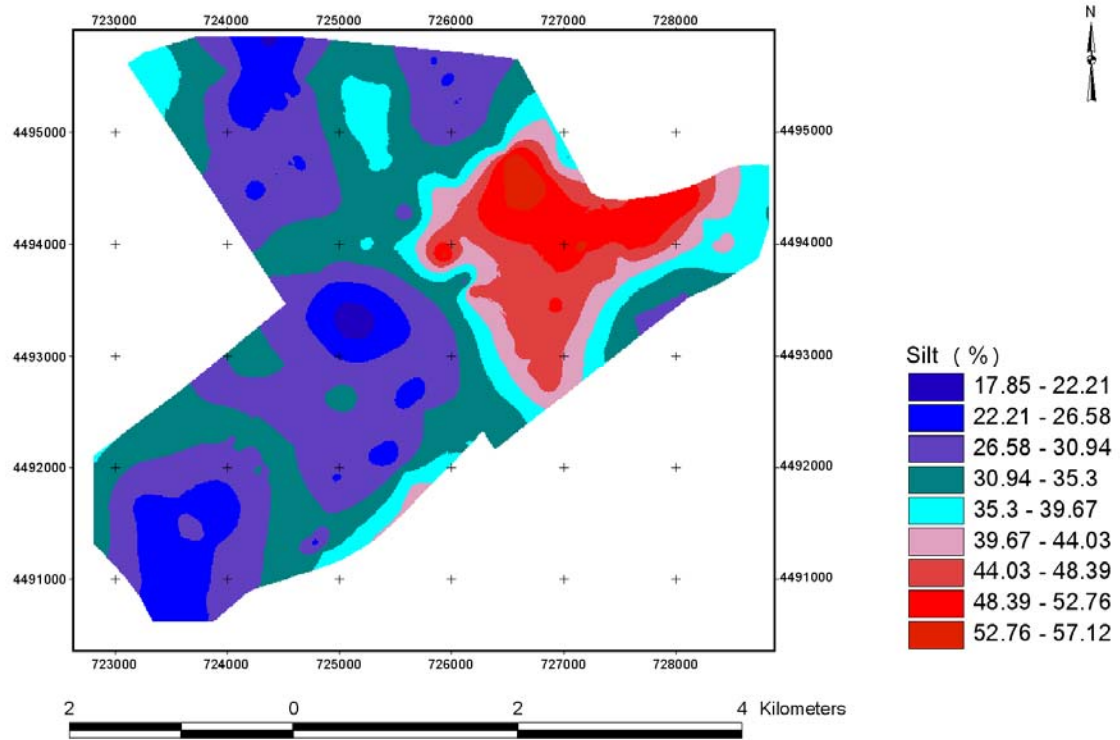
Şekil 4.9 Silt içeriği (%) için çapraz doğrulama grafiği

Silt içeriğinde külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.03) düşük olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Silt içeriğine ait külçe etkisinin düşük hesaplanması arazi içerisinde silt değerlerinin kısa yapısal uzaklıklarda değişmediğini göstermektedir (Çizelge 4.4).

Silt içeriğine ait değişkenliğin yüksek olması beklenirken düşük olarak gerçekleşmesi yine kil içeriğinde olduğu gibi arazi içerisindeki eğim ve eğim yönü ile açıklanabilir. Koluvial arazilerden aluvial arazilere geçiş sırasında en küçük tane çapına sahip kil taneleri en uzak mesafeye taşınıp bu alanlarda birikirken kilin taşındığı alanlarda ise daha büyük tane çapına sahip silt ve kum taneleri birikerek daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu görüş kilin en düşük olduğu alanlarda silt ve kum değerlerinin en yüksek değerlere ulaşmasıyla da desteklenmektedir.

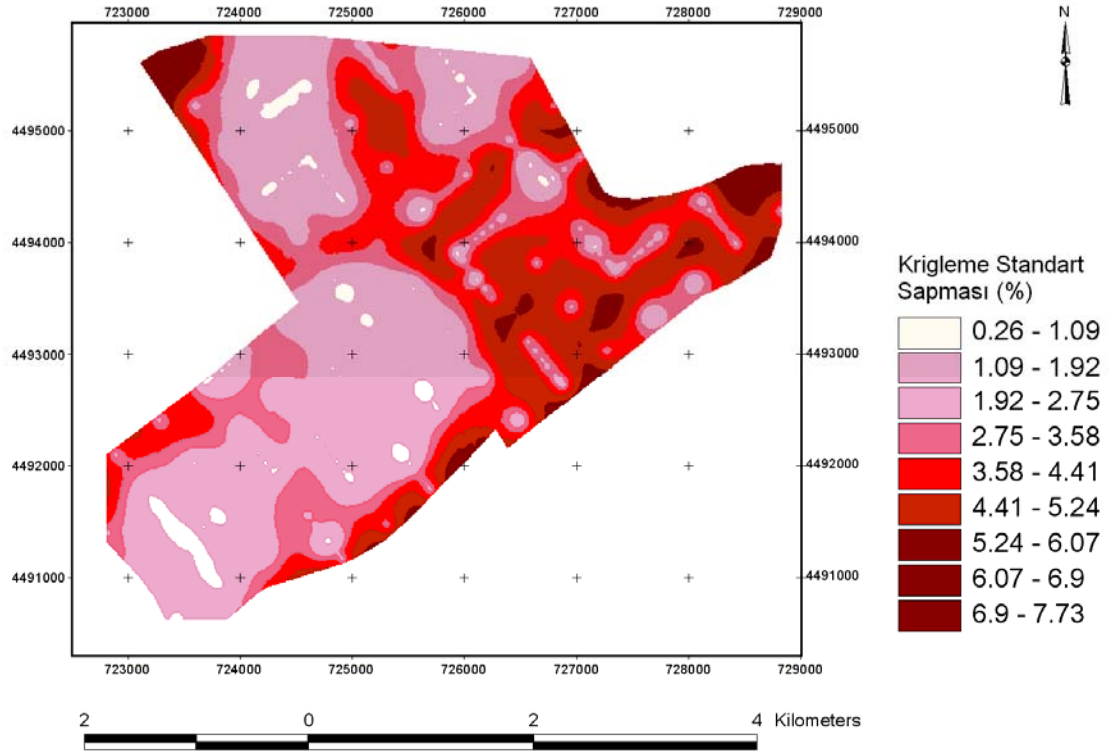
Silt içeriğine ait külçe etkisinin düşük olması, kullanılan örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin arazi içerisinde siltin değişkenliğinin modellenmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak silt içeriği için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.10). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.11’de görülmektedir.



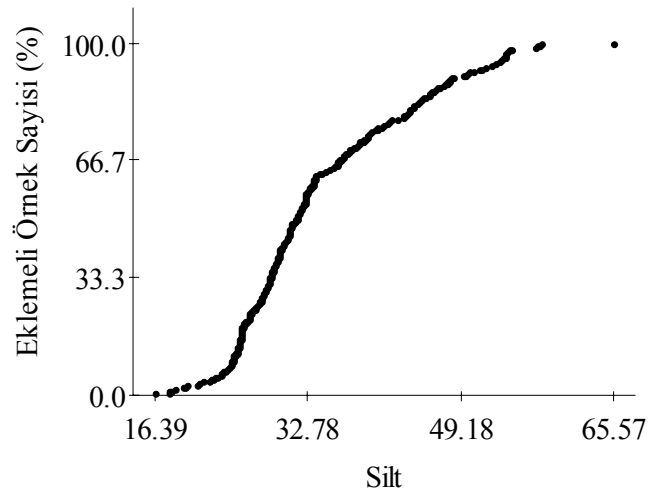
Şekil 4.10 Silt içeriği (%) için krigleme haritası

Silt içeriği ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen silt içeriği ortalama % 34.14 olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük % 16.39, en yüksek % 65.57 olarak ölçülmüştür. Silt içeriğine ait çarpıklık değeri 0.80 bulunmuştur. Veri setindeki bu çarpıklığı ortadan kaldırmak amacıyla veri setinde karekök dönüşümü uygulanmıştır (Webster 2001). Tahmin silt içeriğine ait ortalama % 33.94 olarak belirlenirken en düşük silt içeriği % 18.01, en yüksek silt içeriği % 55.16 olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.11 Silt içeriği (%) için krigleme standart sapma haritası

Silt içeriğine ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.12) ve çarpıklık katsayısı silt değerlerinin arazinin birçok bölgesinde ortalamanın üzerinde değerler aldığını göstermektedir (Çizelge 4.5).



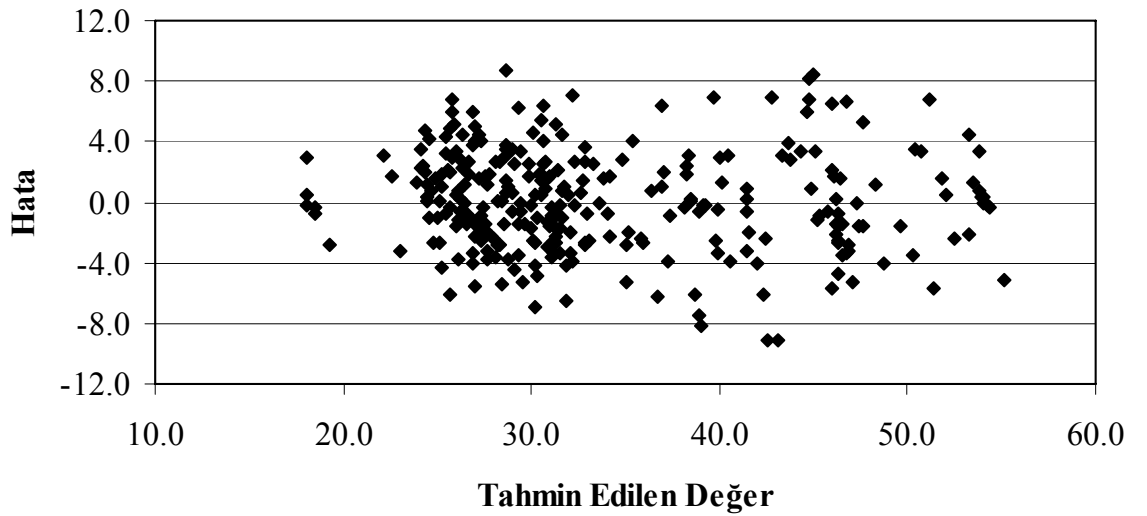
Şekil 4.12 Silt içeriği (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin silt içeriğinde ölçülen değerlerden daha düşük tahminde bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte en düşük ve en yüksek değerlerin karşılaştırmasında variogram modelinin verileri birbirine yaklaştırma eğiliminde tahminde bulunduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Silt içeriği (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Karekök Dönüşümü Sonrası Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	34.14	5.79	33.94
Standart Sapma	9.48	0.79	8.75
Değişkenlik Katsayısı, %	27.77	13.59	25.78
Varyans	89.86	0.62	76.56
En Küçük	16.39	4.05	18.01
En Büyük	65.57	8.10	55.16
Çarpıklık	0.80	0.55	0.73
Basıklık	-0.10	-0.39	-0.49
Örnek Sayısı	298	298	292

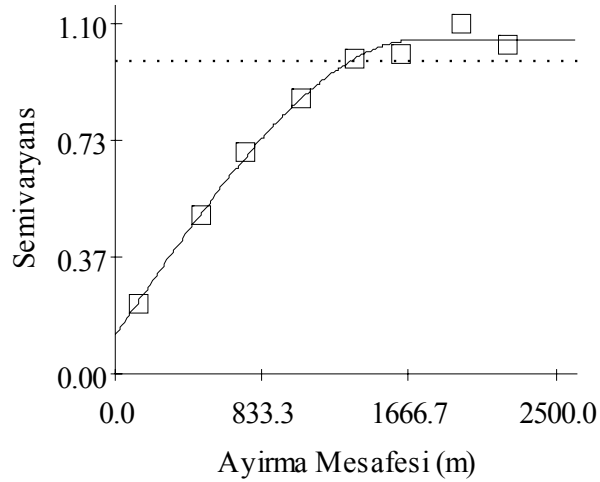
Silt içeriğine ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.13’de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişi güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.13 Silt içeriği (%) için hata-tahmin grafiği

4.2.3 Kum içeriği

Kum içeriğine (%) ait variogram grafiği Şekil 4.14’de görülmektedir. Kum içeriği için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.14 Kum içeriği (%) için isotropik variogram grafiği

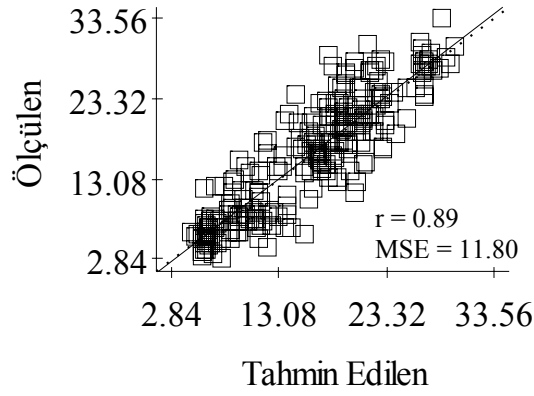
Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1736 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.122, eşik değeri 1.049 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Kum içeriği (%) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C ₀ (Külçe Etkisi)	C ₀ +C (Eşik Değeri)	A ₀ (Yapısal Uzaklık)	R ²	RSS
Küresel	0.122	1.049	1736	0.992	5.198E-03

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.14) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.15) için kum içeriğine ait toplam 39 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Kum içeriğinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Kum içeriğinde külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.12) düşük olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Kum içeriğine ait külçe etkisinin düşük hesaplanması arazi içerisinde değişkenliğin kısa yapısal uzaklıklarda gerçekleşmediğini göstermektedir (Çizelge 4.6).



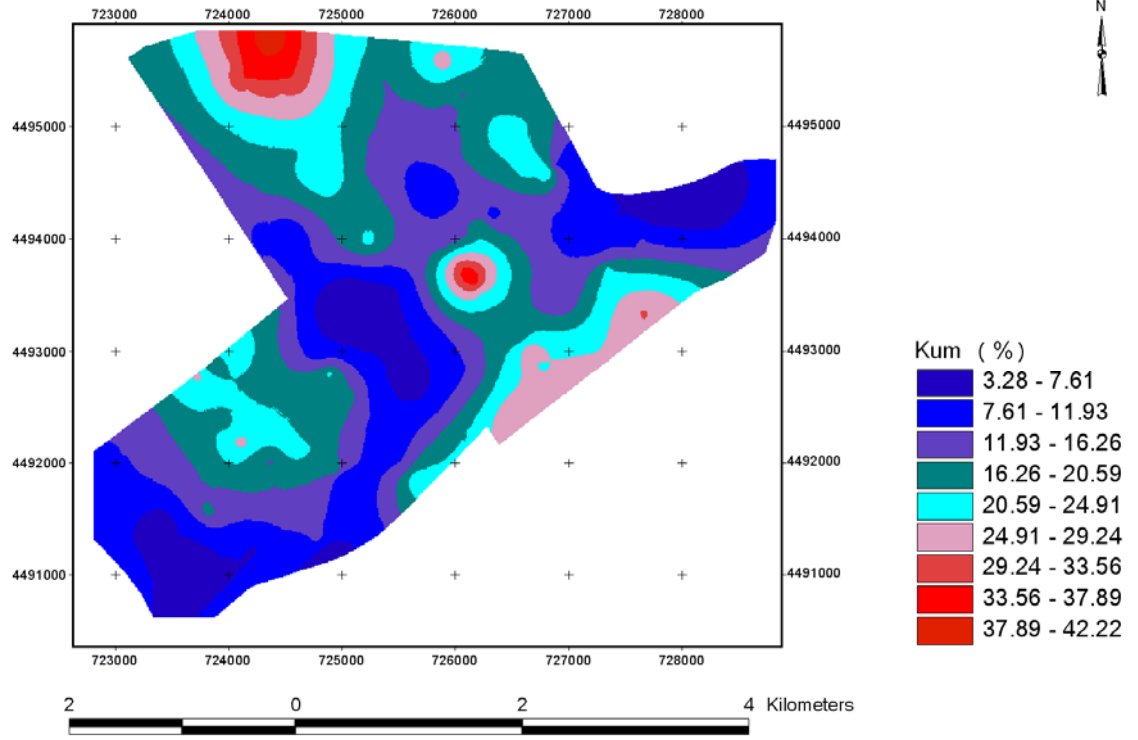
Şekil 4.15 Kum içeriği (%) için çapraz doğrulama grafiği

Kum içeriğine ait değişkenliğin kil ve silt içeriklerine benzer şekilde yüksek bulunması arazi içerisindeki eğimin yönü ile açıklanabilir. Kum içeriği kuzey yönünde yer alan koluviyal alanlarda en yüksek değeri almıştır. Kum içeriği koluviyal alanlara yakın aluviyal alanlarda yüksek bulunurken uzak mesafelere taşınamaması nedeniyle koluviyalere uzak aluviyal alanlarda kum içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

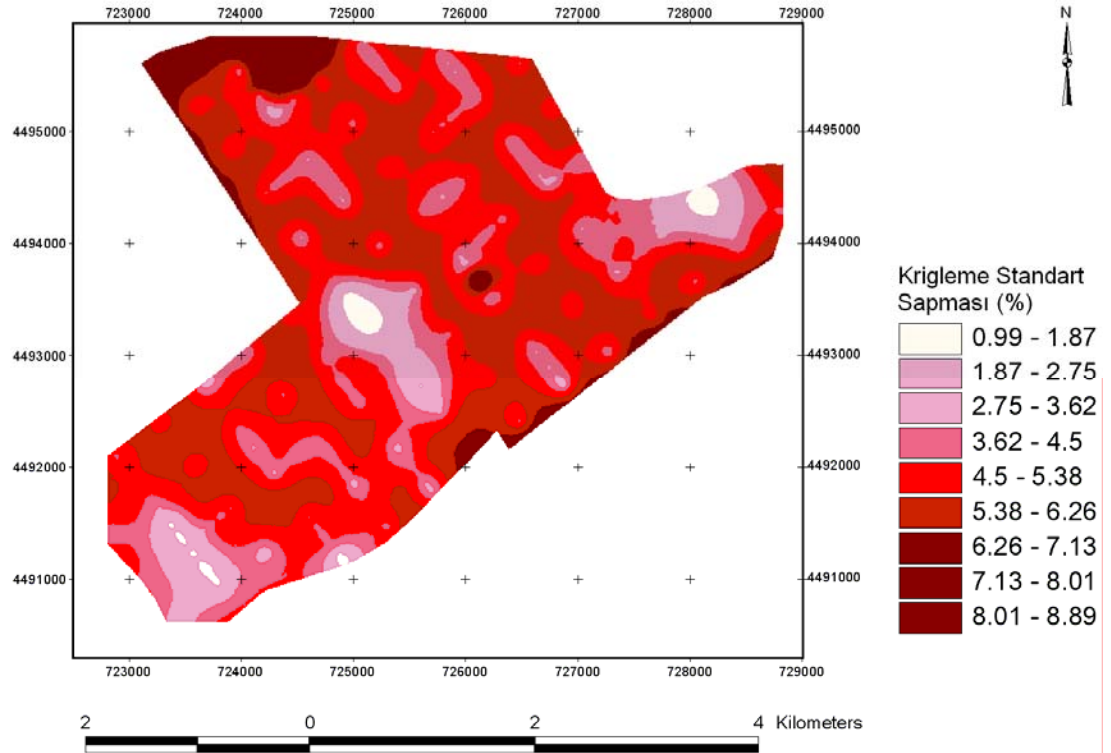
Arazi içerisindeki eğim yönünün araştırma alanına yakın mesafede akan Çekerek çayının akış yatağına dik konumda değil de paralel konuma yakın olması özellikle aluviyal topraklarda değişkenliği düşük olması beklenen toprak tekstüründeki (% kil, % silt ve % kum) değişkenliğin yüksek olmasının en önemli nedeni olabilir. Ayrıca kum içeriğine ait külçe etkisinin düşük olması, belirlenen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin kum içeriğine ait değişkenliğin belirlenebilmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak kum içeriği için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.16). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.17’de görülmektedir.

Kum içeriğine ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen kum içeriği ortalama % 16.72 olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük % 1.78, en yüksek % 62.78 olarak ölçülmüştür. Kum içeriğine ait çarpıklık değeri 0.76 bulunmuştur. Veri setindeki bu çarpıklığı ortadan kaldırmak amacıyla veri setinde karekök dönüşümü uygulanmıştır (Webster 2001).

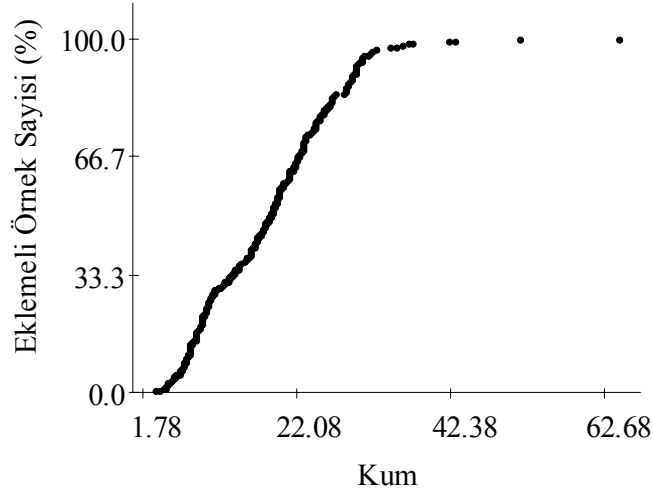


Şekil 4.16 Kum içeriği (%) için krigleme haritası



Şekil 4.17 Kum içeriği (%) için krigleme standart sapma haritası

Tahmin kum içeriğine ait ortalama % 15.94 olarak belirlenirken en düşük kum içeriği % 4.55, en yüksek kum içeriği % 29.88 olarak tahmin edilmiştir. Kum içeriğine ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.18) ve çarpıklık katsayısı kum değerlerinin arazinin bazı bölgelerinde ortalamanın üzerinde aşırı değerler aldığını göstermektedir (Çizelge 4.7).



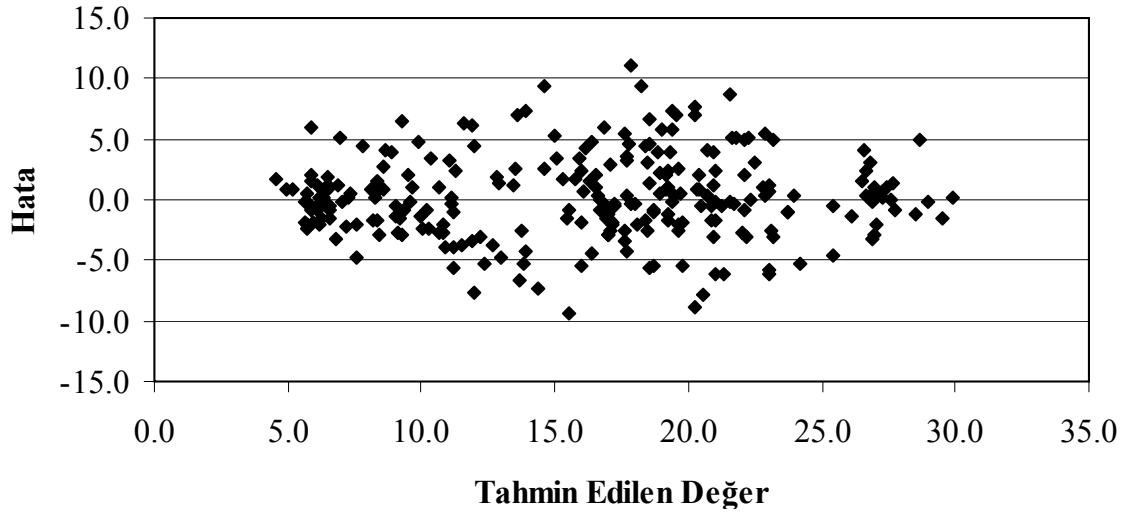
Şekil 4.18 Kum içeriği (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Çizelge 4.7 Kum içeriği (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Karekök Dönüşümü Sonrası Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	16.72	3.93	15.94
Standart Sapma	8.85	1.11	6.53
Değişkenlik Katsayısı, %	52.93	28.24	40.97
Varyans	78.35	1.24	42.66
En Küçük	1.78	1.33	4.55
En Büyük	62.68	7.92	29.88
Çarpıklık	0.76	-0.04	0.02
Basıklık	1.82	-0.35	-0.97
Örnek Sayısı	298	298	259

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin kum içeriğini daha düşük tahmin ettiği görülmektedir. Variogram modeli düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri nispeten düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur (Çizelge 4.7).

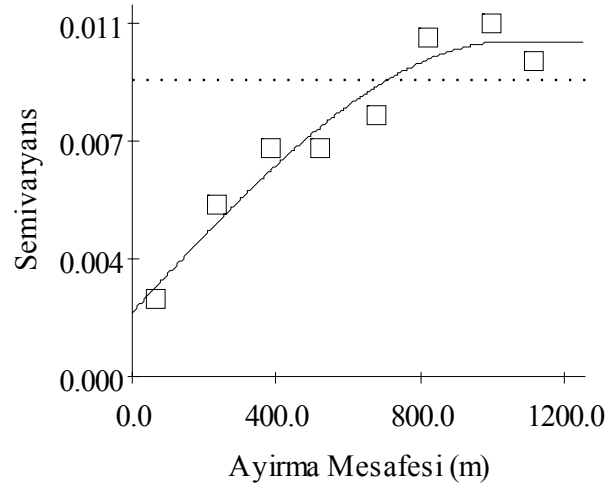
Kum içeriğine ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.19’da görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının geliş güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.19 Kum içeriği (%) için hata-tahmin grafiği

4.2.4 Hacim ağırlığı

Hacim ağırlığına (g cm^{-3}) ait variogram grafiği Şekil 4.20’de görülmektedir. Hacim ağırlığı için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.20 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için isotropik variogram grafiği

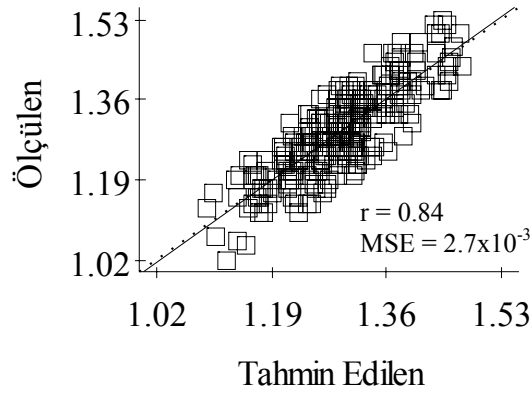
Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1054 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.00196, eşik değeri 0.01022 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Küresel	0.00196	0.01022	1054	0.941	3.250E-06

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.20) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.21) için hacim ağırlığına ait toplam 34 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Hacim ağırlığının yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Hacim ağırlığında külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.19) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Külçe etkisi düşük bulunmasına rağmen hacim ağırlığı arazi içerisinde tekstür değerlerine (% kil, % silt ve % kum) göre daha kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.8).



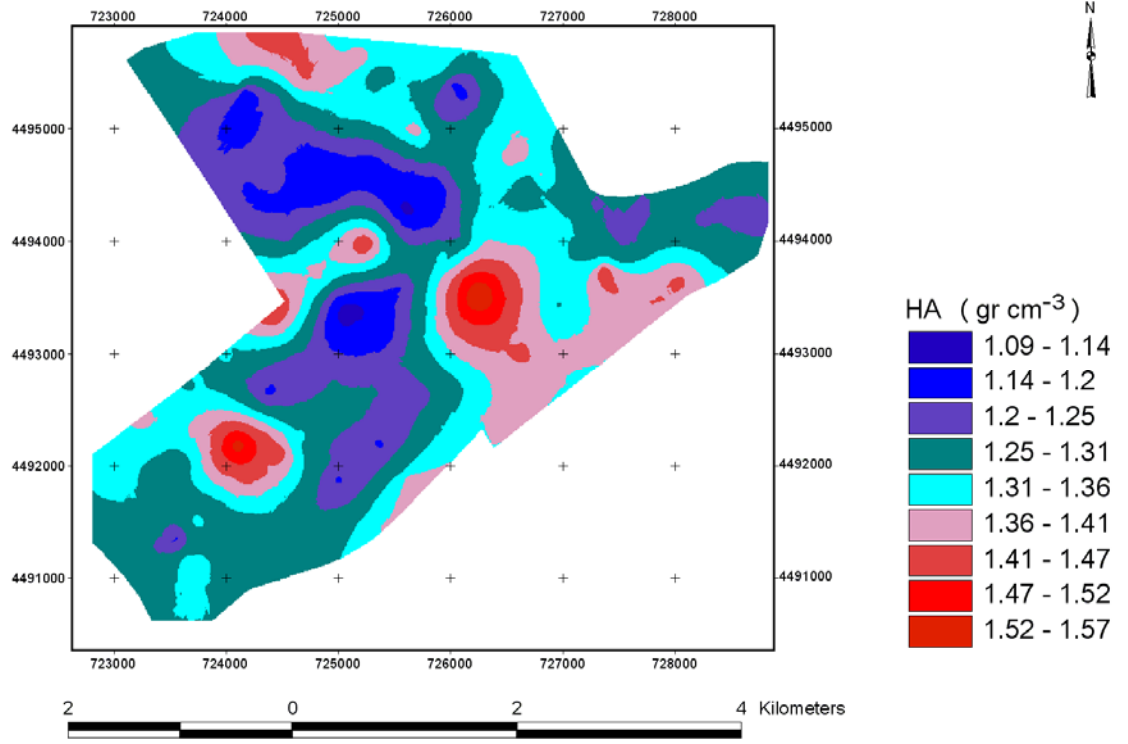
Şekil 4.21 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için çapraz doğrulama grafiği

Hacim ağırlığının arazi içerisindeki değişim deseni tekstür dağılımı ile çok yakın bir ilişki göstermiştir. Hacim ağırlığı yüksek değerlere silt ve kum içeriğinin fazla olduğu alanlarda ulaşırken kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda ise hacim ağırlığı düşük değerler almıştır. Hacim ağırlığının arazi içerisindeki değişkenliği tekstür değerlerinin (% kil, % silt ve % kum) değişkenliği ile sınırlanmıştır. Ayrıca toprak özelliklerinin yanında toprak işleme ve bitki deseni gibi yönetim uygulamaları da hacim ağırlığının değişkenliği üzerine etkili olabilmektedir.

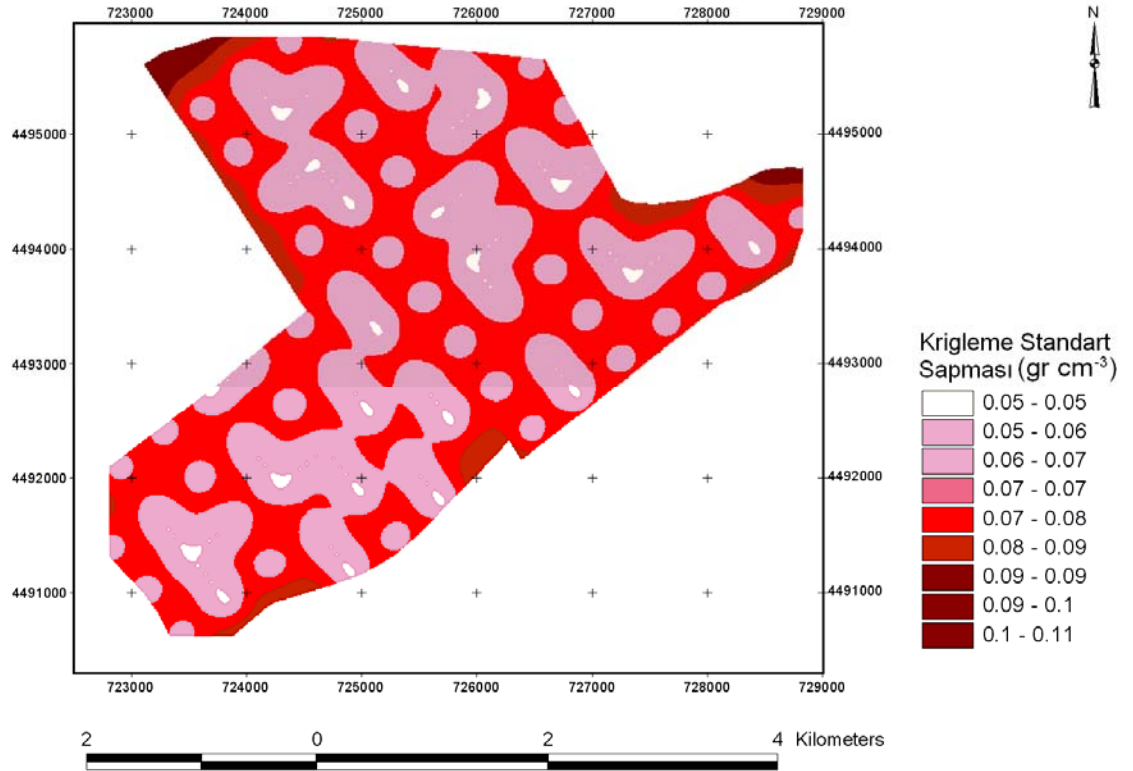
Hacim ağırlığına ait külçe etkisinin düşük olması, belirlenen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin hacim ağırlığına ait değişkenliğin belirlenebilmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak hacim ağırlığı için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.22). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.23’de görülmektedir.

Hacim ağırlığına ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen hacim ağırlığı ortalama 1.29 g cm^{-3} olarak belirlenirken alan içerisinde hacim ağırlığı en düşük 1.00 g cm^{-3} , en yüksek 1.84 g cm^{-3} olarak ölçülmüştür. Hacim ağırlığına ait çarpıklık değeri 0.47 bulunmuştur. Bu nedenle veri setine herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001).



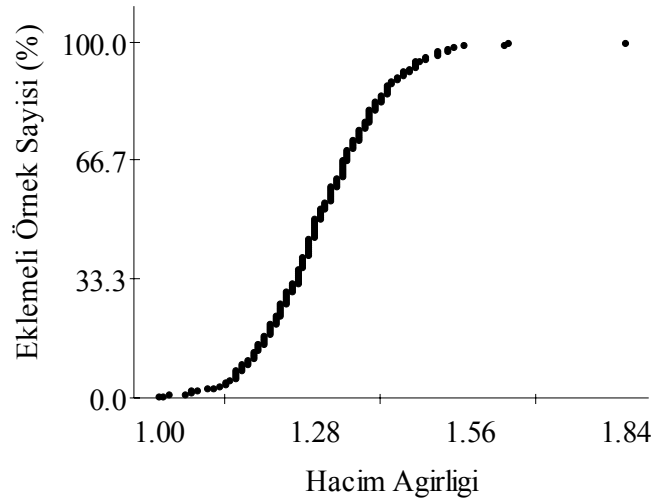
Şekil 4.22 Hacim ağırlığı (g cm⁻³) için krigleme haritası



Şekil 4.23 Hacim ağırlığı (g cm⁻³) için krigleme standart sapma haritası

Tahmin hacim ağırlığına ait ortalama 1.29 g cm^{-3} olarak belirlenirken en düşük hacim ağırlığı 1.09 g cm^{-3} , en yüksek hacim ağırlığı 1.47 g cm^{-3} olarak tahmin edilmiştir. Eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.24) ve çarpıklık katsayısı (Çizelge 4.9) arazinin bazı bölgelerinde hacim ağırlığı değerlerinin ortalamanın üzerinde değerler aldığını ancak bu sapmanın normal dağılım gösterdiğini açıklamaktadır (Çizelge 4.9).

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modeli hacim ağırlığını aynı tahmin etmiştir. Variogram modeli düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahminde bulunmuştur (Çizelge 4.9).

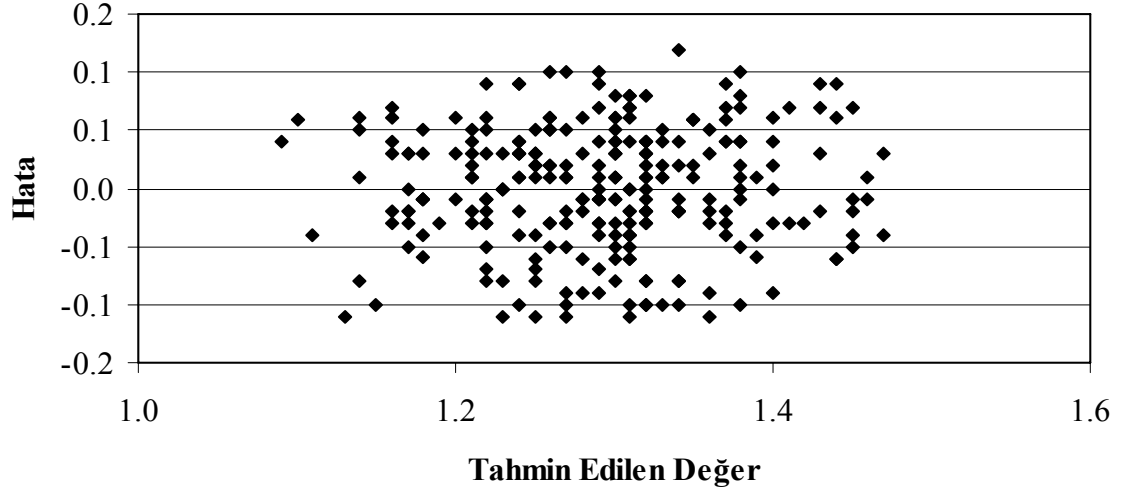


Şekil 4.24 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Çizelge 4.9 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	1.29	1.29
Standart Sapma	0.11	0.08
Değişkenlik Katsayısı, %	8.53	6.02
Varyans	0.01	0.01
En Küçük	1.00	1.09
En Büyük	1.84	1.47
Çarpıklık	0.47	0.00
Basıklık	1.63	-0.28
Örnek Sayısı	298	264

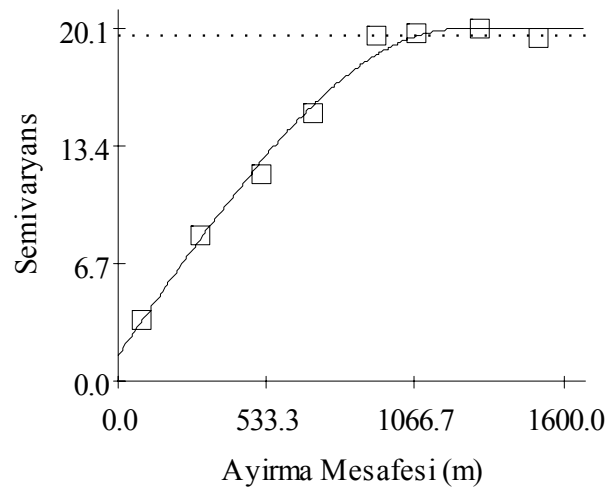
Hacim ağırlığına ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.25’de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişi güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.25 Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) için hata-tahmin grafiği

4.2.5 Tarla kapasitesi

Tarla kapasitesine (%) ait variogram grafiği Şekil 4.26’da görülmektedir. Tarla kapasitesi için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.26 Tarla kapasitesi (%) için isotropik variogram grafiği

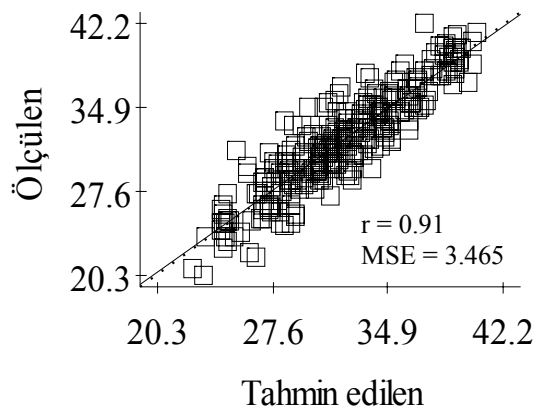
Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1220 m olarak bulunurken külçe etkisi 1.48, eşik değeri 20.05 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Tarla kapasitesi (%) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C ₀ (Külçe Etkisi)	C ₀ +C (Eşik Değeri)	A ₀ (Yapısal Uzaklık)	R ²	RSS
Küresel	1.48	20.05	1220	0.992	2.20

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.26) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.27) için tarla kapasitesine ait toplam 4 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Tarla kapasitesinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Tarla kapasitesinde külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.07) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin düşük olması tarla kapasitesinin arazi içerisinde kısa mesafelerde değişkenlik sergilemediği şeklinde açıklanabilir. Tarla kapasitesi arazi içerisinde tekstür değerlerine (% kil, % silt ve % kum) göre daha kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik gösterirken hacim ağırlığı değerine göre daha uzun yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.10).

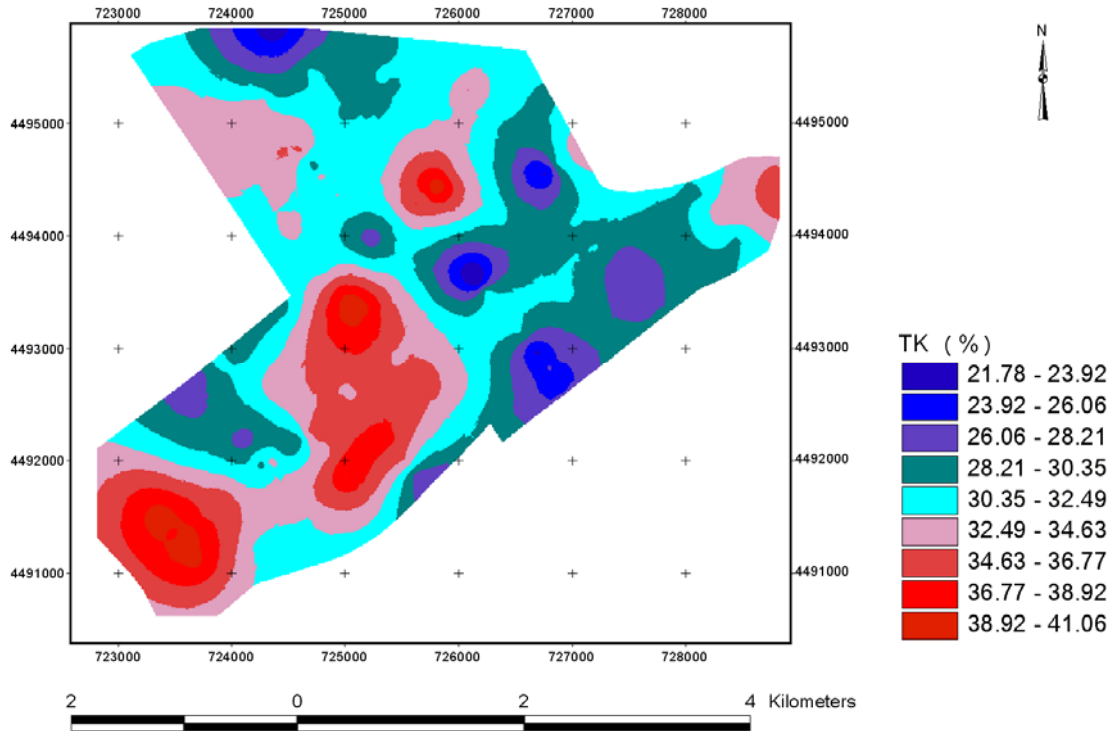


Şekil 4.27 Tarla kapasitesi (%) için çapraz doğrulama grafiği

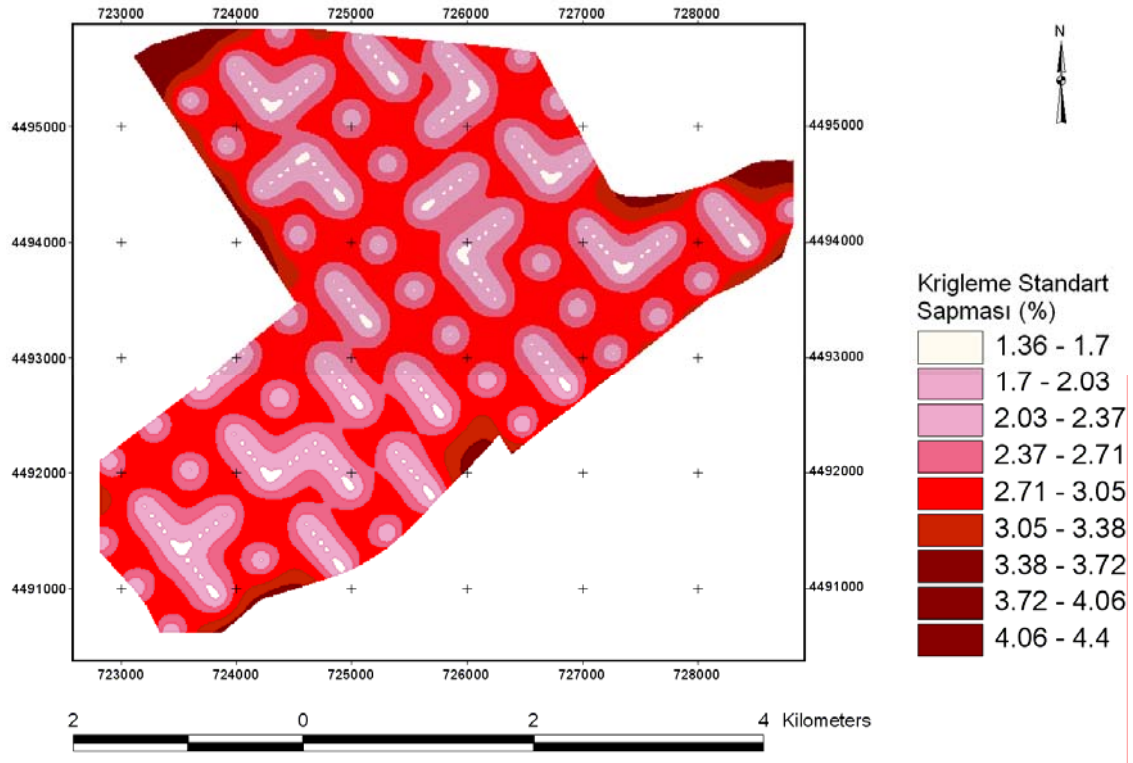
Tarla kapasitesi özellikle tekstür bileşenlerinden doğrudan etkilenen bir toprak özelliği olması nedeniyle değişkenliğin yapısal uzaklığı % kil, silt ve kum içerikleri tarafından doğrudan etkilenmektedir. Tarla kapasitesi arazi içerisinde en yüksek değerlere kil içeriğinin en yüksek olduğu alanlarda ulaşırken silt ve kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda ise tarla kapasitesi değeri düşmüştür. Tekstür bileşenlerinden 1594 m ile en kısa yapısal uzaklığa sahip olan kil, muhtemelen tarla kapasitesinin değişkenliğini belirleyen en önemli tekstür bileşeni olmuştur.

Tarla kapasitesitesine ait külçe etkisinin düşük olması belirlenen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin tarla kapasitesitesinin değişkenliğinin belirlenmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak tarla kapasitesi için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak kriging haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.28). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.29'da görülmektedir.



Şekil 4.28 Tarla kapasitesi (%) için krigleme haritası



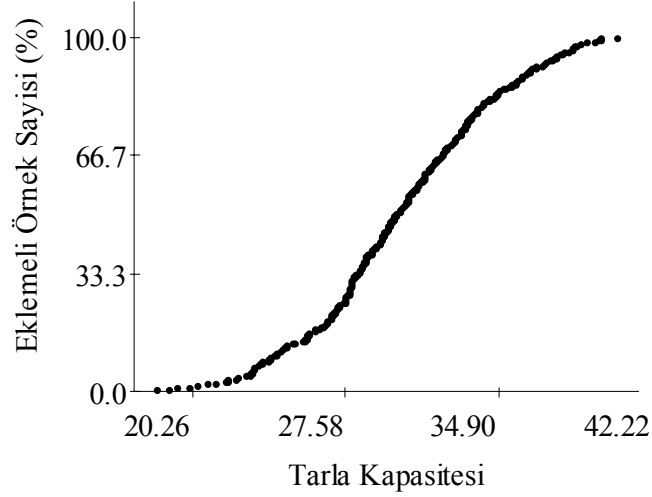
Şekil 4.29 Tarla kapasitesi (%) için krigleme standart sapma haritası

Tarla kapasitesine ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen ortalama % 31.92 olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük değer % 20.20, en yüksek değer ise % 42.22 olarak ölçülmüştür. Tarla kapasitesine ait çarpıklık değeri -0.02 bulunmuştur. Bu değer alan içerisindeki örnek noktalarının normal bir dağılım sergilediğini göstermektedir. Bu nedenle veri setine herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001). Tahmin tarla kapasitesine ait ortalama değer % 31.94 olarak belirlenirken en düşük değer % 22.49, en yüksek değer ise % 40.52 olarak tahmin edilmiştir.

Tarla kapasitesine ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.30) ve çarpıklık katsayısı arazinin bazı bölgelerinde tarla kapasitesi değerlerinin ortalamasının altında değerler aldığını ancak bu sapmanın normal dağılım sergilediğini açıklamaktadır (Çizelge 4.11).

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modeli tarla kapasitesini hemen hemen aynı tahmin ettiği görülmektedir. Variogram modeli hafif şekilde düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur.

Bu şekilde verileri birbirine yaklaştırarak tahminde bulunan variogram modelinin düşük ve yüksek değerlerde bu eğilimi birbirine benzer olmuştur (Çizelge 4.11).

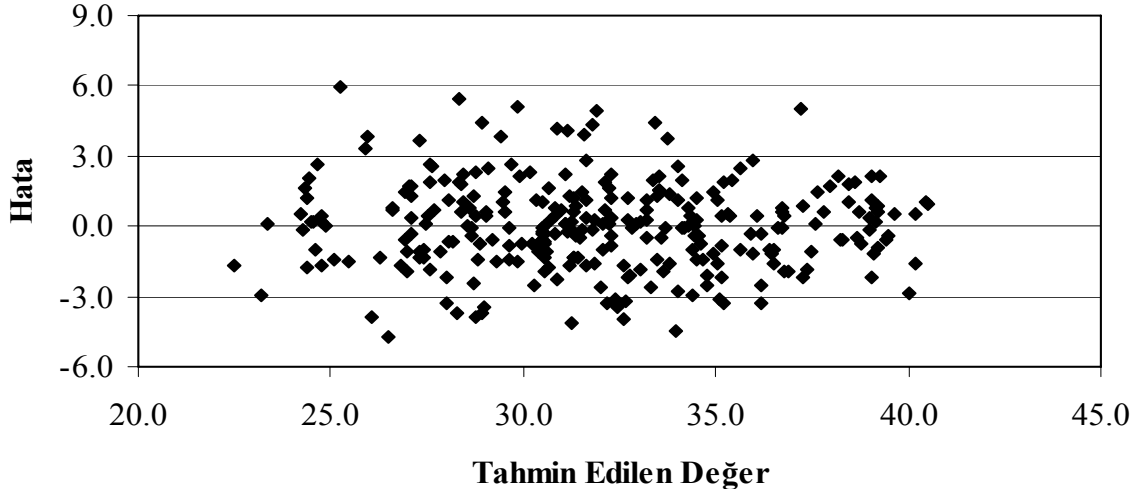


Şekil 4.30 Tarla kapasitesi (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Çizelge 4.11 Tarla kapasitesi (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin
Ortalama	31.92	31.94
Standart Sapma	4.47	4.08
Değişkenlik Katsayısı, %	14.00	12.77
Varyans	19.97	16.64
En Küçük	20.20	22.49
En Büyük	42.22	40.52
Çarpıklık	-0.02	0.08
Basıklık	-0.39	-0.62
Örnek Sayısı	298	294

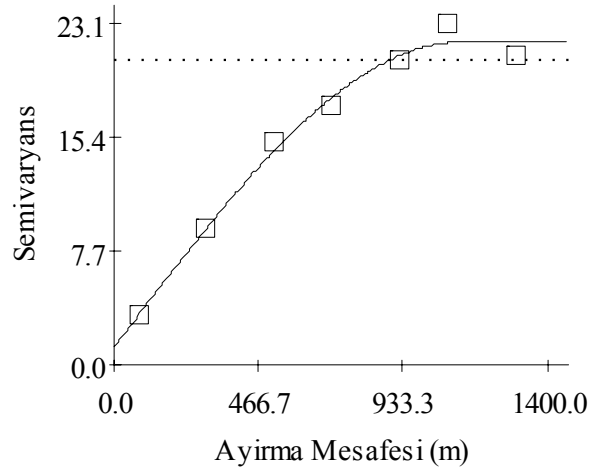
Tarla kapasitesine ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.31’de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının geliş güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 4.31 Tarla kapasitesi (%) için hata-tahmin grafiği

4.2.6 Daimi solma noktası

Daimi solma noktasına (%) ait variogram grafiği Şekil 4.32’de görülmektedir. Daimi solma noktası için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir. Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1121 m olarak bulunurken külçe etkisi 1.2, eşik değeri 21.77 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

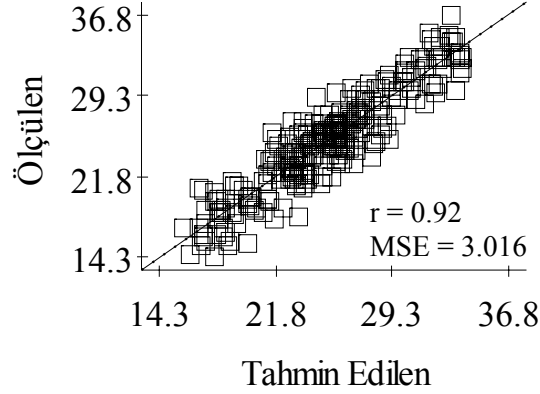


Şekil 4.32 Daimi solma noktası (%) için isotropik variogram grafiği

Çizelge 4.12 Daimi solma noktası (%) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Küresel	1.2	21.77	1121	0.988	3.78

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.32) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.33) için daimi solma noktasına ait toplam 11 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Daimi solma noktasının yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.



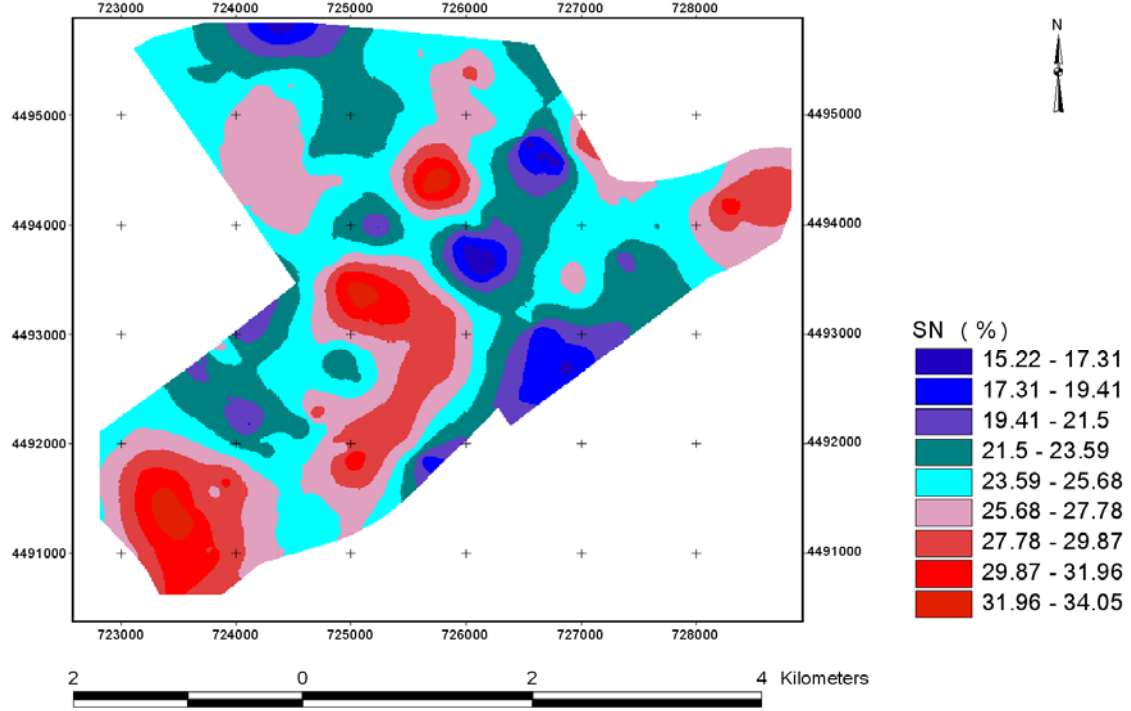
Şekil 4.33 Daimi solma noktası (%) için çapraz doğrulama grafiği

Daimi solma noktasında külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.06) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin düşük olması daimi solma noktasının arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda çok fazla değişkenlik sergilemediği şeklinde açıklanabilir. Daimi solma noktasının arazi içerisindeki değişkenliği tekstür (% kil, % silt ve % kum) ve tarla kapasitesi değerlerine göre daha kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermesine karşın hacim ağırlığı değerine göre daha uzun yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.12).

Daimi solma noktası arazi içerisinde en yüksek değerlere kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda ulaşırken özellikle kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda daimi solma noktası düşük değerler almıştır. Daimi solma noktasının arazi içerisindeki değişkenliği tekstür (% kil, silt ve kum), tarla kapasitesi, organik madde ve hacim ağırlığı gibi doğrudan ilişkili olduğu toprak özellikleri tarafından belirlenmektedir.

Daimi solma noktasına ait külçe etkisinin düşük olması, belirlenen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin daimi solma noktası değişkenliğinin belirlenmesi için uygun olduğunu göstermiştir.

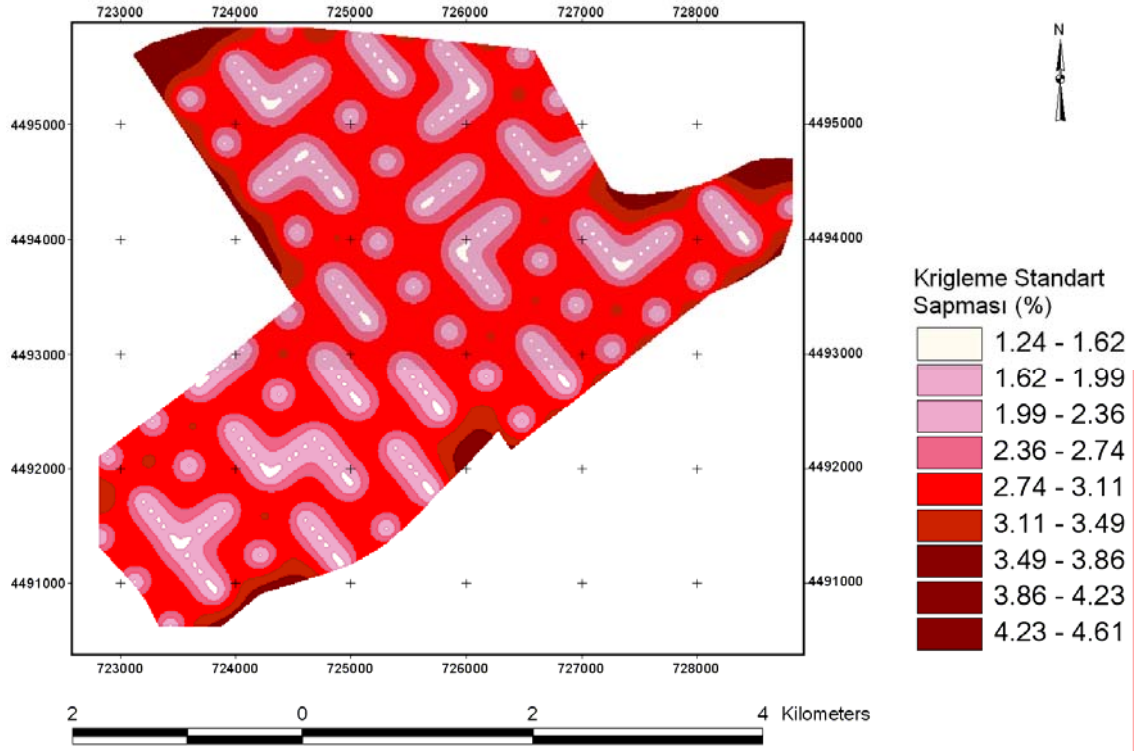
Uygun variogram modeli kullanılarak daimi solma noktası için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.34).



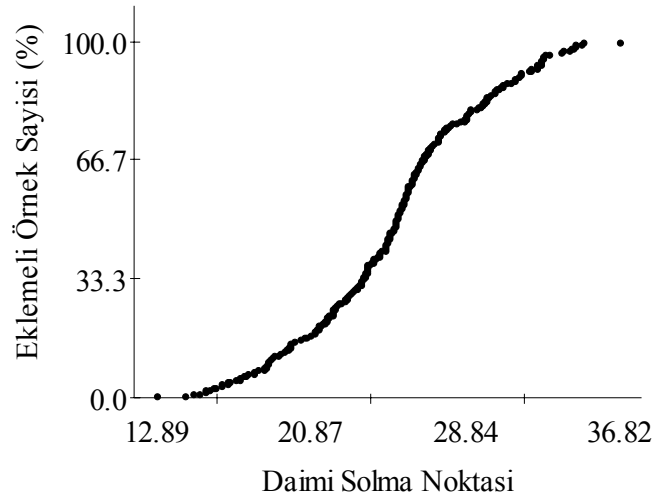
Şekil 4.34 Daimi solma noktası (%) için krigleme haritası

Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait standart sapma haritası Şekil 4.35’de görülmektedir.

Daimi solma noktasına ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlere ait ortalama % 25.10 olarak belirlenirken alan içerisinde ölçülen en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla % 12.89 ve % 36.52 olarak bulunmuştur. Daimi solma noktasına ait çarpıklık değeri -0.06 bulunmuştur. Bu nedenle veri setine herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001). Daimi solma noktasına ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.36) ve çarpıklık katsayısı (Çizelge 4.13) daimi solma noktasının arazinin bazı noktalarında ortalamanın altında değerler aldığını göstermektedir. Tahmin daimi solma noktası değerlerinde ise ortalama % 25.21 olarak belirlenirken en düşük daimi solma noktası % 15.90, en yüksek daimi solma noktası ise % 33.83 olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.13).



Şekil 4.35 Daimi solma noktası (%) için krigleme standart sapma haritası



Şekil 4.36 Daimi solma noktası (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

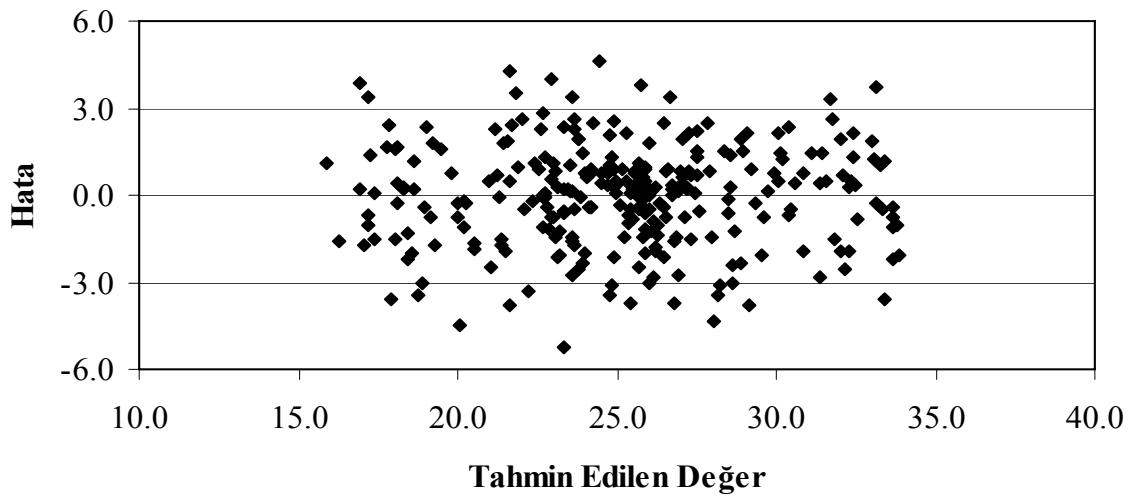
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modeli tahminde daimi solma noktasını biraz yükseltse de yine birbirine yakın tahmin etmiştir.

Variogram modeli tahmin sırasında düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri ise düşük tahmin etme eğiliminde olmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Daimi solma noktası (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	25.10	25.21
Standart Sapma	4.64	4.19
Değişkenlik Katsayısı, %	18.49	16.62
Varyans	21.55	17.54
En Küçük	12.89	15.90
En Büyük	36.82	33.83
Çarpıklık	-0.06	0.04
Basıklık	-0.29	-0.41
Örnek Sayısı	298	287

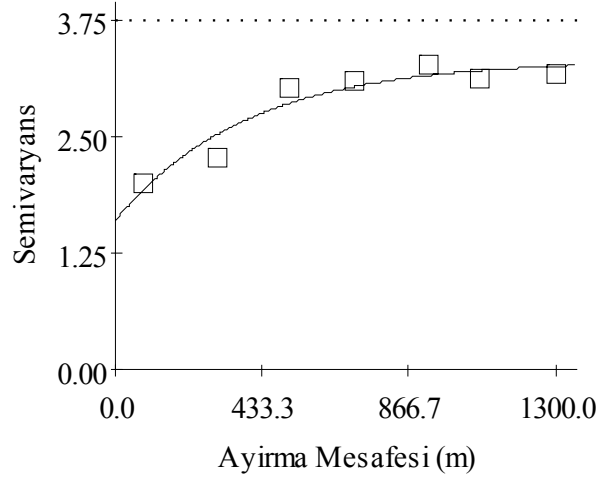
Daimi solma noktasına ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.37’de görölmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişi güzel olduğu görölmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 4.37 Daimi solma noktası (%) için hata-tahmin grafiği

4.2.7 Hidrolik iletkenlik

Hidrolik iletkenliğe (cm sa^{-1}) ait variogram grafiği Şekil 4.38’de görülmektedir. Hidrolik iletkenlik için uygun variogram modeli üstel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.38 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için isotropik variogram grafiği

Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1167 m olarak bulunurken külçe etkisi 1.595, eşik değeri 3.31 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

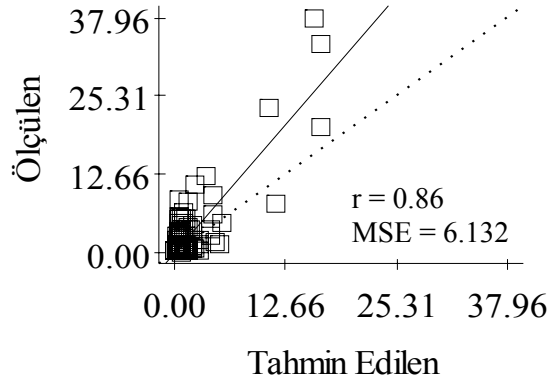
Çizelge 4.14 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Üstel	1.595	3.31	1167	0.915	0.128

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.38) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.39) için hidrolik iletkenliğe ait toplam 26 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Hidrolik iletkenliğin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Hidrolik iletkenlik için külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.48) orta düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin yüksek olması hidrolik iletkenliğinin arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda çok fazla değişkenlik

sergilediği şekilde açıklanabilir. Hidrolik iletkenliğin arazi içerisindeki değişkenliği tekstür (% kil, % silt ve % kum) ve tarla kapasitesi değerlerine göre daha kısa yapısal uzaklıkta olmasına karşın hacim ağırlığı ve daimi solma noktası değerlerine göre daha uzun yapısal uzaklıktadır (Çizelge 4.14).

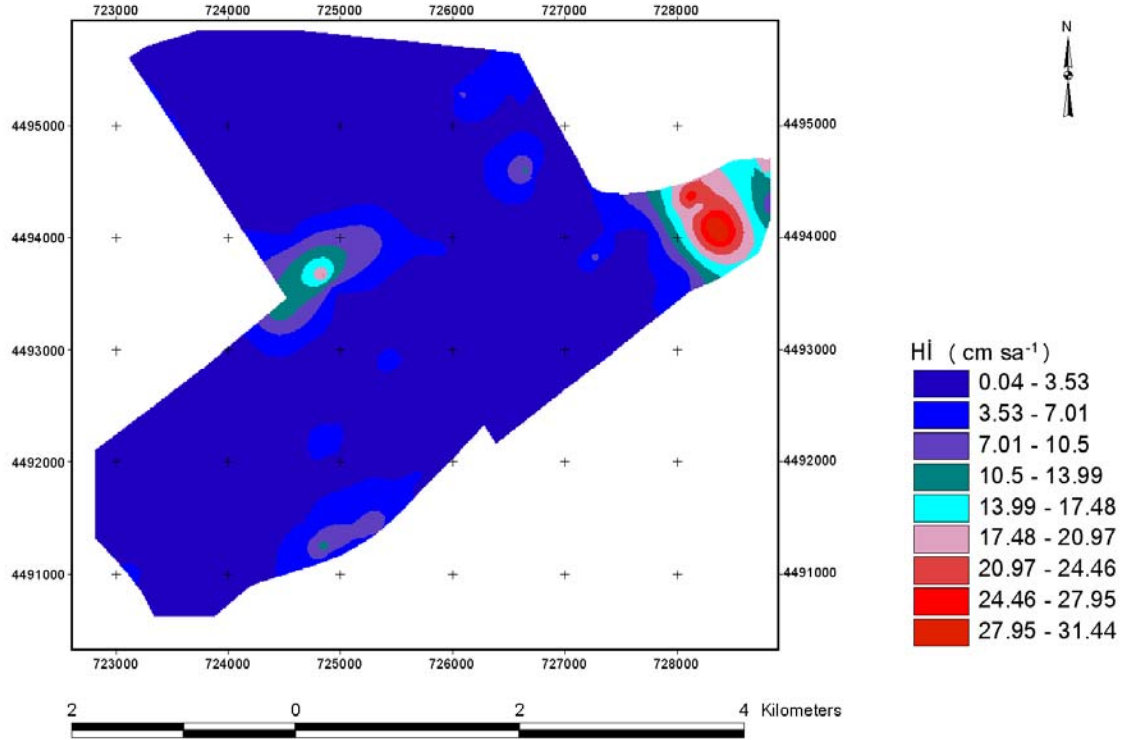


Şekil 4.39 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için çapraz doğrulama grafiği

Tekstür, hacim ağırlığı ve organik madde gibi toprak özellikleri ile bitki deseni ve toprak işleme gibi yönetim uygulamalarının hidrolik iletkenliğin değişkenliği üzerine etkileri önemli olabilmektedir. Hidrolik iletkenlik alan içerisinde yüksek değerlere silt içeriği fazla olan alanlarda ulaşırken kil içeriği yüksek alanlarda hidrolik iletkenlik değeri düşük bulunmuştur. Hidrolik iletkenlik değerinin silt içeriği fazla olan alanlarda yüksek bulunması bu alanlarda ortaya çıkan por deseni ile açıklanabilir. Ayrıca Iqbal *et al.* (2005), yüzey horizonlarındaki makropor ve kök kanallarının varlığına bağlı olarak düşük toprak hacim ağırlığının doymuş hidrolik iletkenlikte artışa neden olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Rasse *et al.* (2000)'da yonca kök sistemlerinin Ap horizonunda makropor ve doymuş hidrolik iletkenlik olarak tanımlanan su geçirgenliğini artırdığını belirtmişlerdir. Doymuş hidrolik iletkenlikteki artışlar yüksek makropor oranının sonucu olarak görülmektedir. Rasse *et al.* (2000) bu sonuçları Ap horizonunda yüksek kök yoğunluğu ve şişme-büzülme sırasındaki genişlemenin artmasıyla ilişkilendirmektedir.

Külçe etkisinin orta olması hidrolik iletkenliğe ait değişkenliğin sayısal olarak modellenebilmesi için belirlenen örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin uygunluğunu tartışılır hale sokmaktadır.

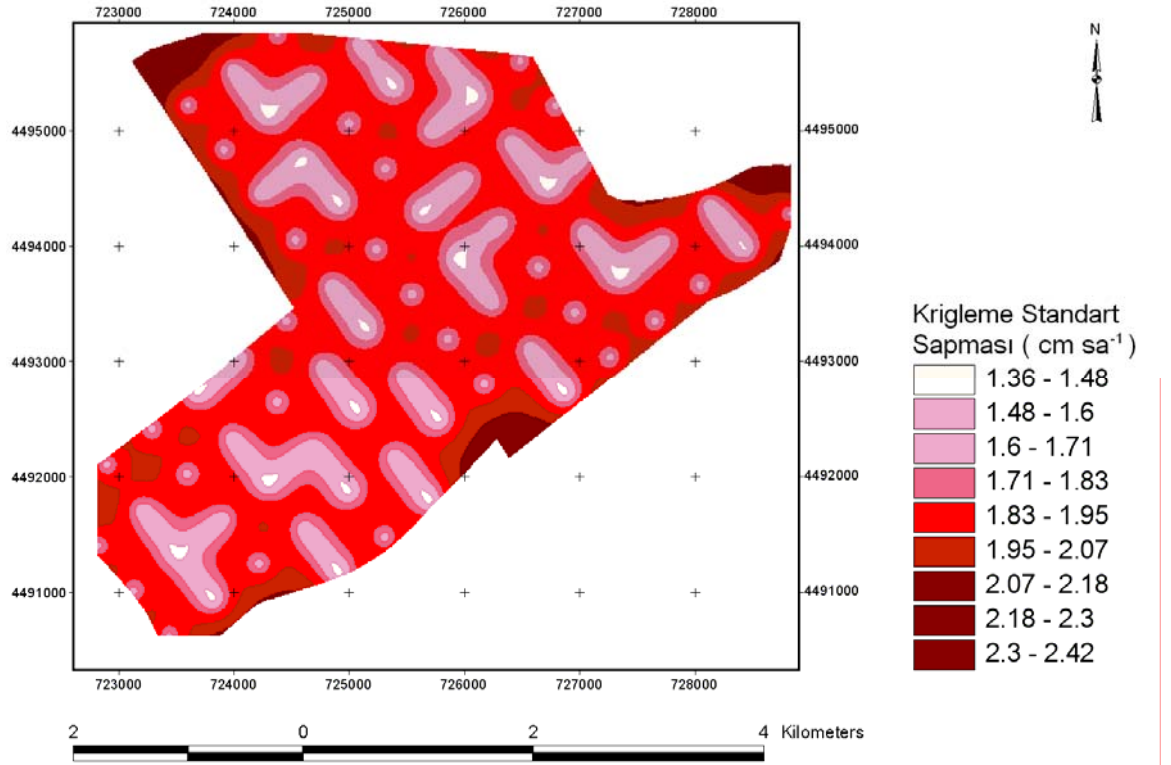
Uygun variogram modeli kullanılarak hidrolik iletkenlik için blok-kriging yöntemi ile krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.40).



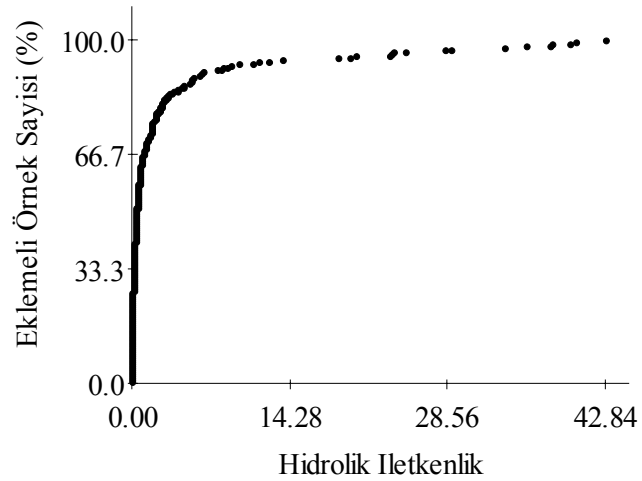
Şekil 4.40 Hidrolik iletkenlik (cm sa⁻¹) için krigleme haritası

Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritası Şekil 4.41’de görülmektedir.

Hidrolik iletkenliğe ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlere ait ortalama 2.86 cm sa⁻¹ olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük 0.004 cm sa⁻¹, en yüksek 42.86 cm sa⁻¹ olarak ölçülmüştür. Hidrolik iletkenliğe ait çarpıklık değeri 3.81 bulunmuştur. Veri setindeki bu çarpıklığı ortadan kaldırmak amacıyla logaritma dönüşümü uygulanmıştır (Webster 2001). Eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.42) ve çarpıklık katsayısı (Çizelge 4.15) hidrolik iletkenliğin arazinin bir çok noktasında ortalamanın çok üzerinde değerler aldığını göstermektedir. Tahmin hidrolik iletkenliğe ait ortalama 0.89 cm sa⁻¹ olarak belirlenirken en düşük hidrolik iletkenlik 0.03 cm sa⁻¹, en yüksek hidrolik iletkenlik 16.63 cm sa⁻¹ olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.15).



Şekil 4.41 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için krigleme standart sapma haritası



Şekil 4.42 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için eklemeli örnek dağılım grafiği

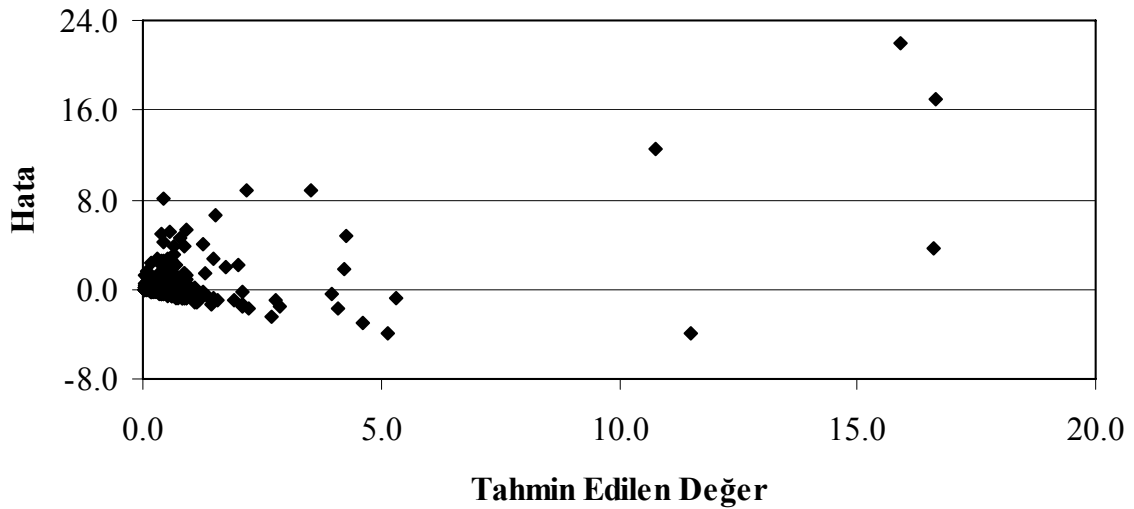
Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin hidrolik iletkenliği daha düşük tahmin ettiği görülmektedir. Variogram modeli düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahminde bulunmuştur. Bu şekilde verileri

birbirine yaklaştırarak tahminde bulunan variogram modelinin düşük ve yüksek değerlerdeki bu eğilimi yüksek olmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Logaritma Dönüşümü Sonrası Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	2.86	-0.92	0.89
Standart Sapma	7.14	2.15	2.08
Değişkenlik Katsayısı, %	250	234	234
Varyans	51.03	4.60	4.31
En Küçük	0.004	-5.62	0.03
En Büyük	42.84	3.76	16.63
Çarpıklık	3.81	0.07	5.83
Basıklık	14.69	-0.69	37.54
Örnek Sayısı	290	290	264

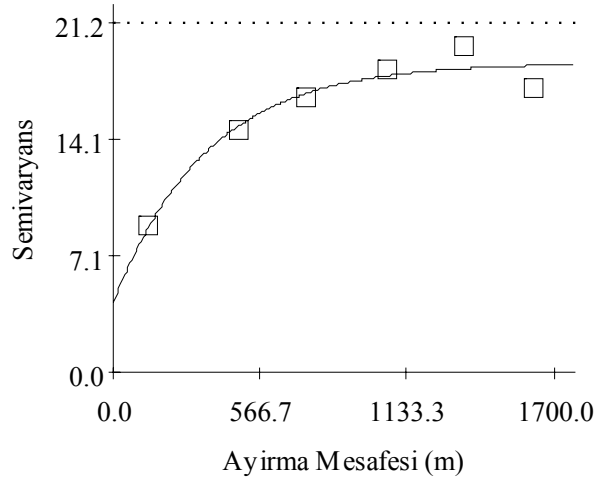
Hidrolik iletkenliğe ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.43’de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımında bir eğilimin olduğu görülmektedir. Hataların dağılımındaki bu eğilim aslında tahminde kullanılan modelin çokta uygun olmadığını göstermektedir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Hidrolik iletkenlik (cm sa^{-1}) için hata-tahmin grafiği

4.2.8 Üst toprak derinliği

Üst toprak derinliğine (cm) ait variogram grafiği Şekil 4.44’de görülmektedir. Üst toprak derinliği için uygun variogram modeli üstel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.44 Üst toprak derinliği (cm) için isotropik variogram grafiği

Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1086 m olarak bulunurken külçe etkisi 4.23, eşik değeri 18.67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

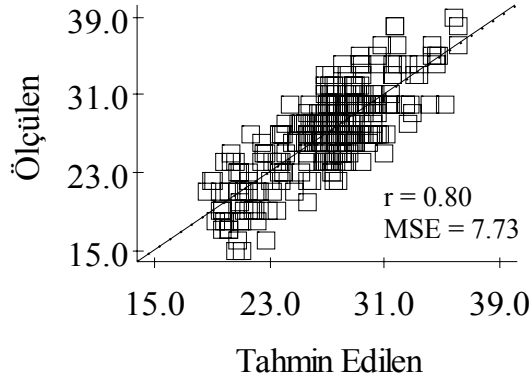
Çizelge 4.16 Üst toprak derinliği (cm) içeriği için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Üstel	4.23	18.67	1086	0.944	4.06

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.44) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.45) için üst toprak derinliğine ait toplam 27 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Üst toprak derinliğinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

Üst toprak derinliği için külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.23) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin orta olması üst toprak derinliğinin arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda

değişkenlik gösterdiğini açıklamaktadır. Üst toprak derinliği için uzaysal bağımlılık tekstür (% kil, % silt ve % kum), tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve hidrolik iletkenlik değerlerine göre daha kısa yapısal uzaklıkta iken hacim ağırlığı değerine göre daha uzun yapısal uzaklıktadır (Çizelge 4.16).

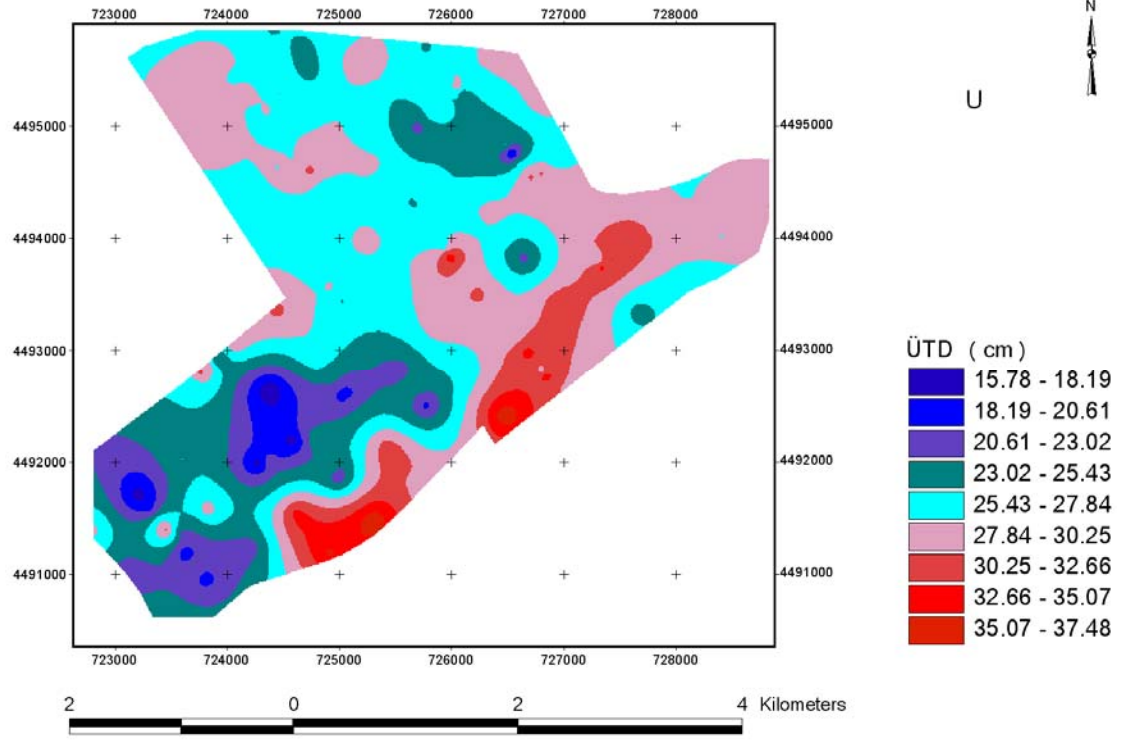


Şekil 4.45 Üst toprak derinliği (cm) için çapraz doğrulama grafiği

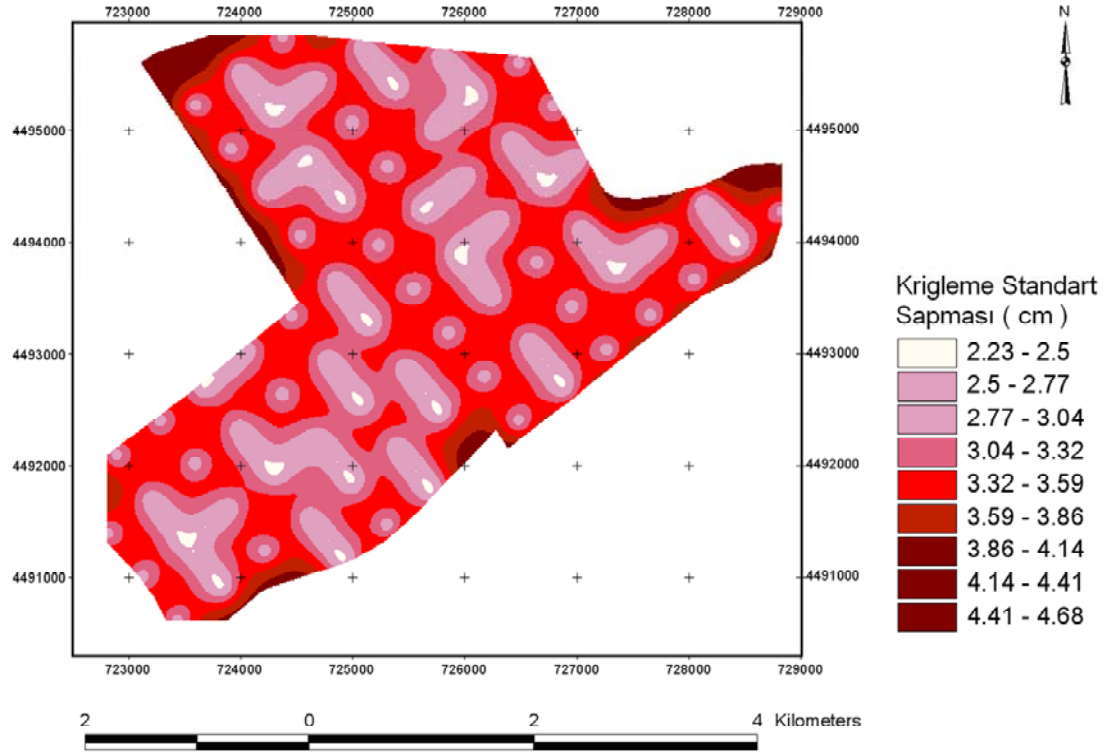
Tekstür bileşenleri (% kil, % silt ve % kum) ile toprak işleme ve arazi topografyası üst toprak derinliğini doğrudan etkileyen toprak ve yönetim özellikleridir. Üst toprak derinliğine ait dağılım deseni incelendiğinde en yüksek üst toprak derinliği silt ve kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda belirlenirken kil içeriğinin yüksek olduğu alanlar en düşük üst toprak derinliğinin ölçüldüğü yerler olmuştur. Eğim üst toprağın derinliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri olmasına rağmen arazi içerisinde eğimin düşük olması üst toprak derinliği üzerine olan etkisini azaltmıştır. Toprak özellikleri dışında üst toprağın derinliğini ve değişkenliğini belirleyen bir diğer faktör de toprak işleme olabilir. Çünkü toprak işleme sırasındaki farklı sürüm derinlikleri ve kullanılan aletler üst toprak derinliğini değiştirebilir.

Üst toprak derinliğine ait külçe etkisi yüksek bulunmuştur. Bu durum üst toprak derinliği üzerine etkili olan faktörlerin fazla olmasıyla açıklanabilir. Bu etkiyi azaltmak için üst toprak derinliğinin daha kısa mesafelerde örneklenmesi önerilebilir.

Uygun variogram modeli kullanılarak üst toprak derinliği için blok-kriging yöntemi ile krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.46). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritası Şekil 4.47’de görülmektedir.

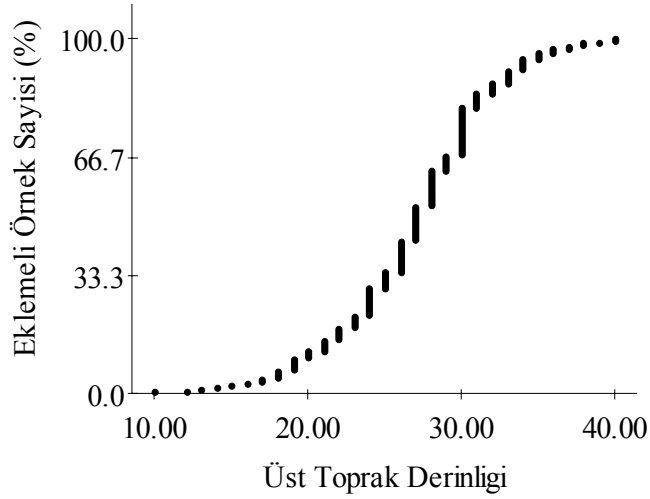


Şekil 4.46 Üst toprak derinliği (cm) için krigleme haritası



Şekil 4.47 Üst toprak derinliği (cm) için krigleme standart sapma haritası

Üst toprak derinliğine ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlere ait ortalama 26.86 cm olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük 10.00 cm, en yüksek 40.00 cm olarak ölçülmüştür. Üst toprak derinliğine ait çarpıklık katsayısı -0.32 bulunmuştur. Veri seti normal bir dağılım gösterdiği için herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001). Eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.48) ve çarpıklık katsayısı (Çizelge 4.17) üst toprak derinliğinin arazinin bazı noktalarında düşük değerler aldığını göstermektedir. Tahmin üst toprak derinliğine ait ortalama 27.02 olarak belirlenirken en düşük üst toprak derinliği 18.64 cm, en yüksek üst toprak derinliği 36.16 cm olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.17).



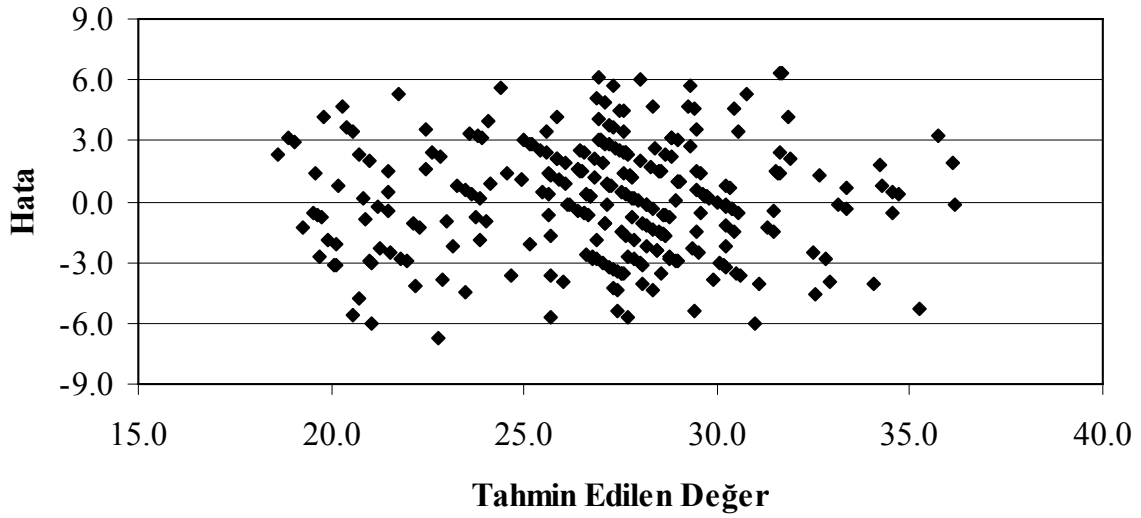
Şekil 4.48 Üst toprak derinliği (cm) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin üst toprak derinliğini daha yüksek tahmin ettiği görülmektedir. En düşük ve en yüksek değerler karşılaştırıldığında variogram modelinin verileri birbirine yaklaştırma eğiliminde tahminde bulunduğu görülmüştür. Uygun variogram modeli düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahmin etmiş ancak bu değişim düşük değerlerde daha yüksek olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.17).

Üst toprak derinliğine ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.49'da görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının geliş güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu açıklamaktadır.

Çizelge 4.17 Üst toprak derinliği (cm) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

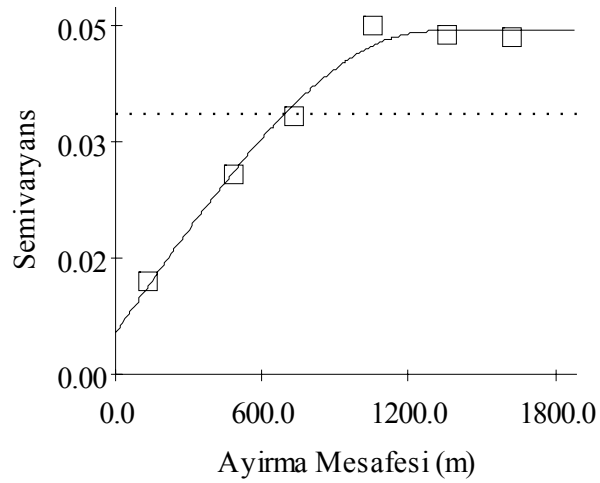
	Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	26.86	27.02
Standart Sapma	5.14	3.66
Değişkenlik Katsayısı, %	19.14	13.55
Varyans	26.41	13.36
En Küçük	10.00	18.64
En Büyük	40.00	36.16
Çarpıklık	-0.32	-0.23
Basıklık	0.36	-0.10
Örnek Sayısı	298	271



Şekil 4.49 Üst toprak derinliği (cm) için hata-tahmin grafiği

4.2.9 Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak pH'sına ait variogram grafiği Şekil 4.50'de görülmektedir. Toprak pH'sı için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.50 pH için isotropik variogram grafiği

Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1295 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.0059 ve eşik değeri 0.0488 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

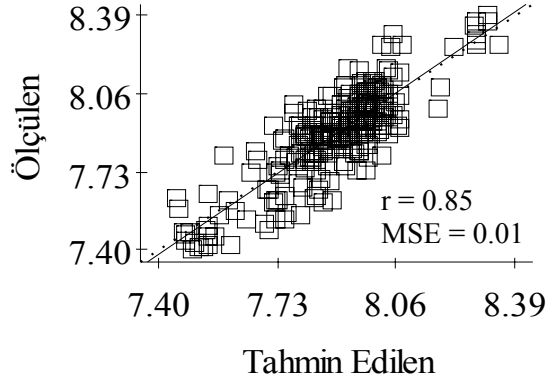
Çizelge 4.18 pH için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Küresel	0.0059	0.0488	1295	0.987	1.388E-05

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.50) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.51) için toprak pH'sına ait toplam 28 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Toprak pH'sının yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

pH için külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.12) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Hesaplanan külçe etkisinin düşük olması pH'nın arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermediği şeklinde açıklanabilir. Ayrıca variogram modeli kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermeyen pH'nın alan içerisinde bölgesel (lokal) değişkenlikler sergilediğini ortaya koymuştur. pH'nın arazi içerisindeki değişkenliği tekstür (% kil, % silt ve % kum) değerlerine göre daha kısa

yapısal uzaklıkta değişkenlik göstermesine karşın hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik ve üst toprak derinliği değerlerine göre daha uzun yapısal uzaklıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.18).

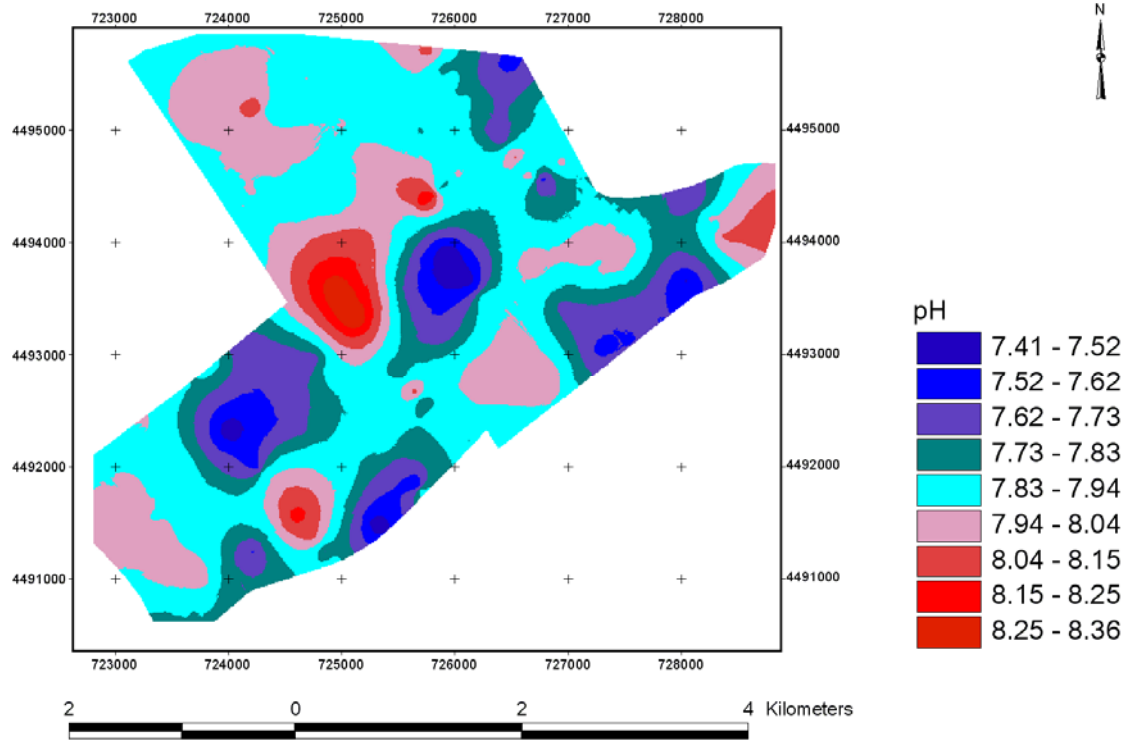


Şekil 4.51 pH için çapraz doğrulama grafiği

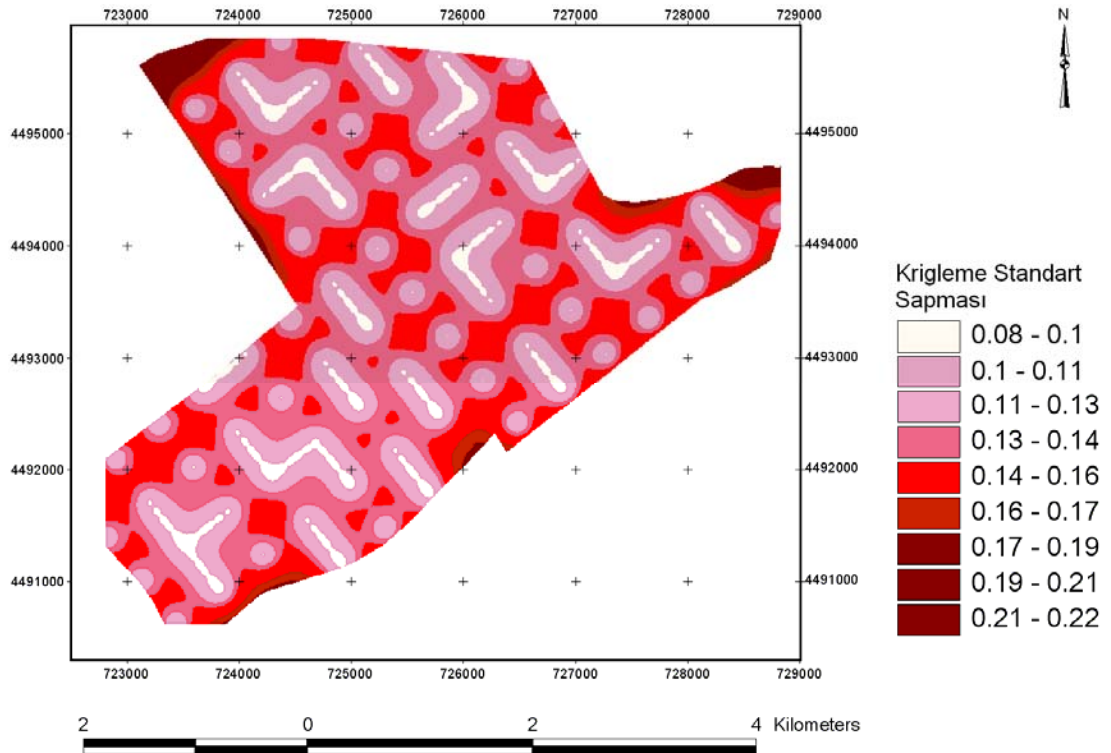
Kurak ve yarıkurak bölge toprakları yağışlı bölge topraklarının tersine nötr veya alkali reaksiyonludur. Yağışların ayrışma ürünü olan bazik elementleri yıkayamaması ve bunların bu bölgelerde organik ayrışmanın az olması topraktaki konsantrasyonlarının artması toprak pH'sının yükselmesine neden olur. Ayrıca da pH değerlerinin yüksek kalmasında rol oynar. pH'ya ait dağılım deseni incelendiğinde yüksek değerler koluvial ve aluvial alanlar içerisinde homojen olarak dağılım gösterirken düşük değerler çoğunlukla aluvial alanlar içerisinde yer almıştır. Aluvial alanlardaki düşük pH değerlerinin varlığı bu alanlarda yapılan sulu tarıma bağlı olarak toprak profilinde az da olsa bazik katyonların yıkanması şeklinde açıklanabilir.

Külçe etkisinin düşük olması pH'ya ait değişkenliğin sayısal olarak modellenmesinde kullanılan örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak pH için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.52). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritası Şekil 4.53'de görülmektedir.

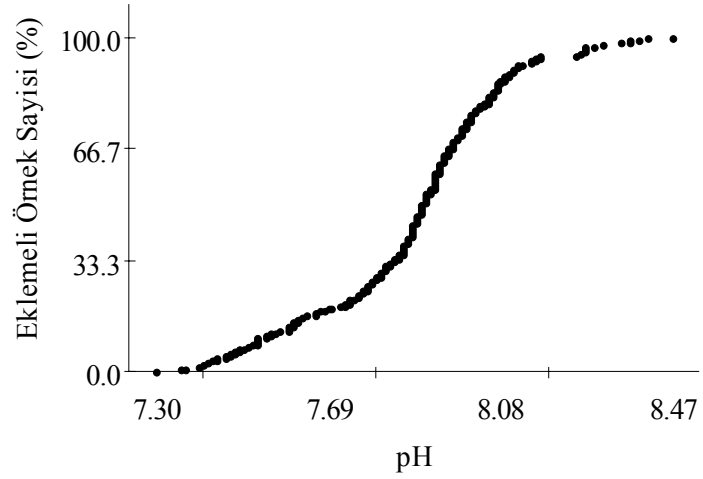


Şekil 4.52 pH için krigleme haritası



Şekil 4.53 pH için krigleme standart sapma haritası

Toprak pH'sına ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlerin ortalaması 7.88 olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük 7.30, en yüksek 8.47 olarak ölçülmüştür. Toprak pH'sına ait çarpıklık değeri -0.30 bulunmuştur. Veri seti normal dağılım gösterdiği için herhangi bir dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001). Eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.54) ve çarpıklık değeri (Çizelge 4.19) pH'nın arazinin bir çok noktasında ortalamanın altında değerler aldığını göstermektedir. Tahmin pH değerine ait ortalama 7.89 olarak belirlenirken en düşük 7.45, en yüksek 8.47 olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.19).



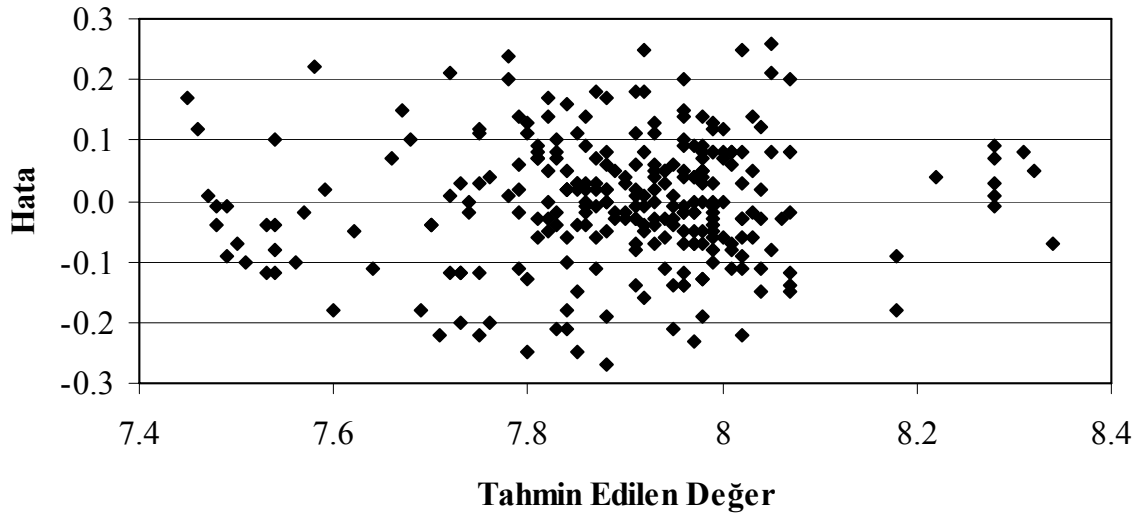
Şekil 4.54 pH için eklemeli örnek dağılım grafiği

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin toprak pH'sını birbirine çok yakın tahmin ettiği görülmektedir. Ancak variogram modeli düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğilimi göstermiştir. Bu şekilde verileri birbirine yaklaştırarak tahminde bulunan variogram modeli düşük ve yüksek değerlerde birbirine benzer eğilim göstermiştir (Çizelge 4.19).

Toprak pH'sına ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.55'de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişi güzel olduğu görülmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu açıklamaktadır (Şekil 4.55).

Çizelge 4.19 pH için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

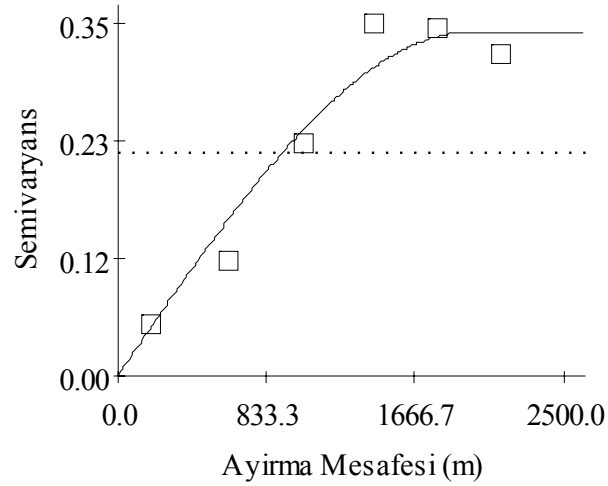
	Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	7.88	7.89
Standart Sapma	0.22	0.16
Değişkenlik Katsayısı, %	2.79	2.03
Varyans	0.05	0.03
En Küçük	7.30	7.45
En Büyük	8.47	8.34
Çarpıklık	-0.30	-0.44
Basıklık	0.18	1.26
Örnek Sayısı	298	270



Şekil 4.55 pH için hata-tahmin grafiği

4.2.10 Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenliğe (dS m^{-1}) ait variogram grafiği Şekil 4.56’de görülmektedir. EC için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.56 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için isotropik variogram grafiği

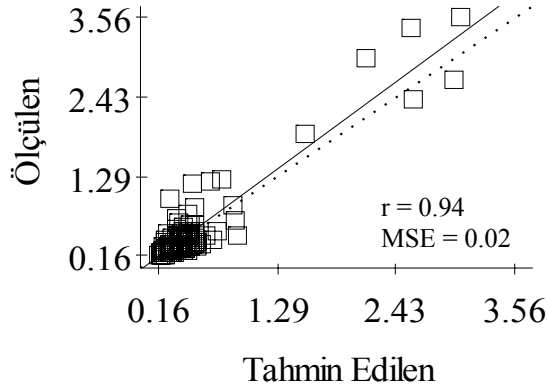
Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1981 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.001, eşik değeri 0.339 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Küresel	0.001	0.339	1981	0.949	4.489E-03

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.56) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.57) için toprak EC'sine ait toplam 21 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. Toprak EC'sinin yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

EC değerlerinde külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.003) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Külçe etkisi düşük olan EC değerlerinin arazi içerisinde kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermediği şeklinde açıklanabilir. EC arazi içerisinde tekstür (% kil, % silt ve % kum) hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği ve pH değerlerine göre daha uzun yapısal uzaklıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.20).



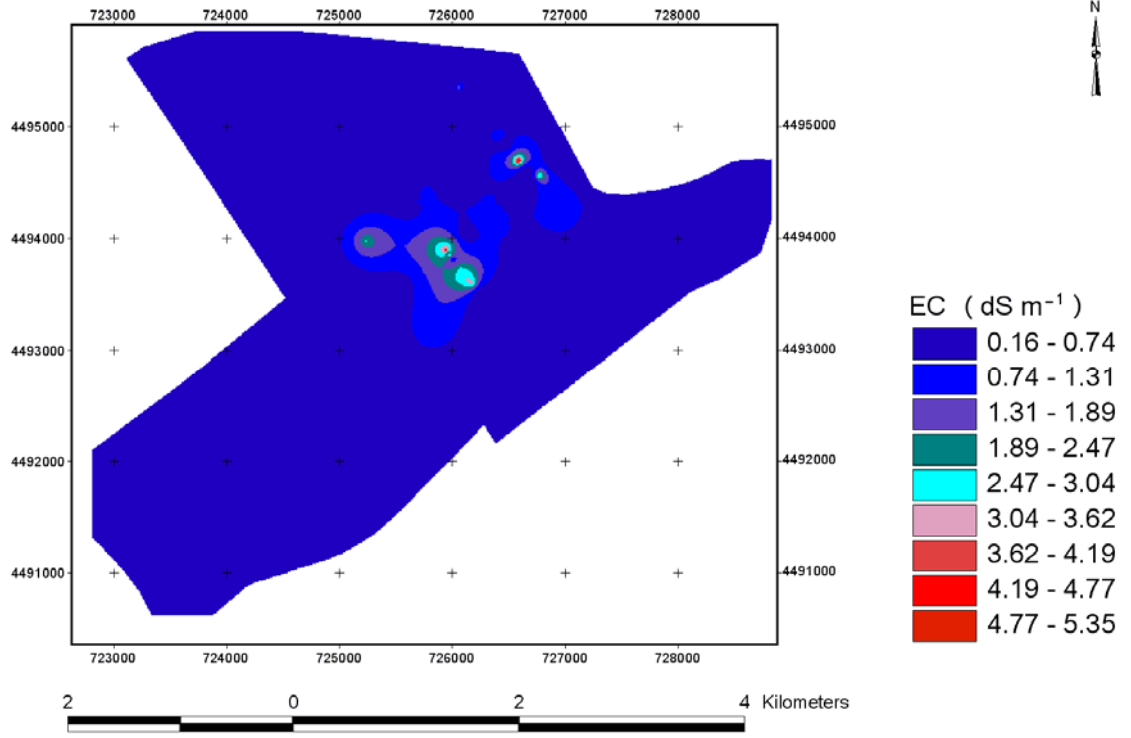
Şekil 4.57 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için çapraz doğrulama grafiği

Topraklar, yağışın fazla olduğu nemli bölgelerde yıkanmaya bağlı olarak bazik katyonlarca fakir, tuz konsantrasyonları düşük ve asidik reaksiyonludurlar. Yağışın az olduğu kurak bölgelerde ise yıkanma yetersizliği nedeniyle topraklar bazik katyonlarca zengin, tuz konsantrasyonları yüksek ve alkaline reaksiyonludurlar. Yağışın düşük ve sıcaklığın yüksek olduğu alanlarda topraklardaki tuzluluk kontrolü ancak düşük buharlaşma ve yeterli drenaj ile sağlanabilir.

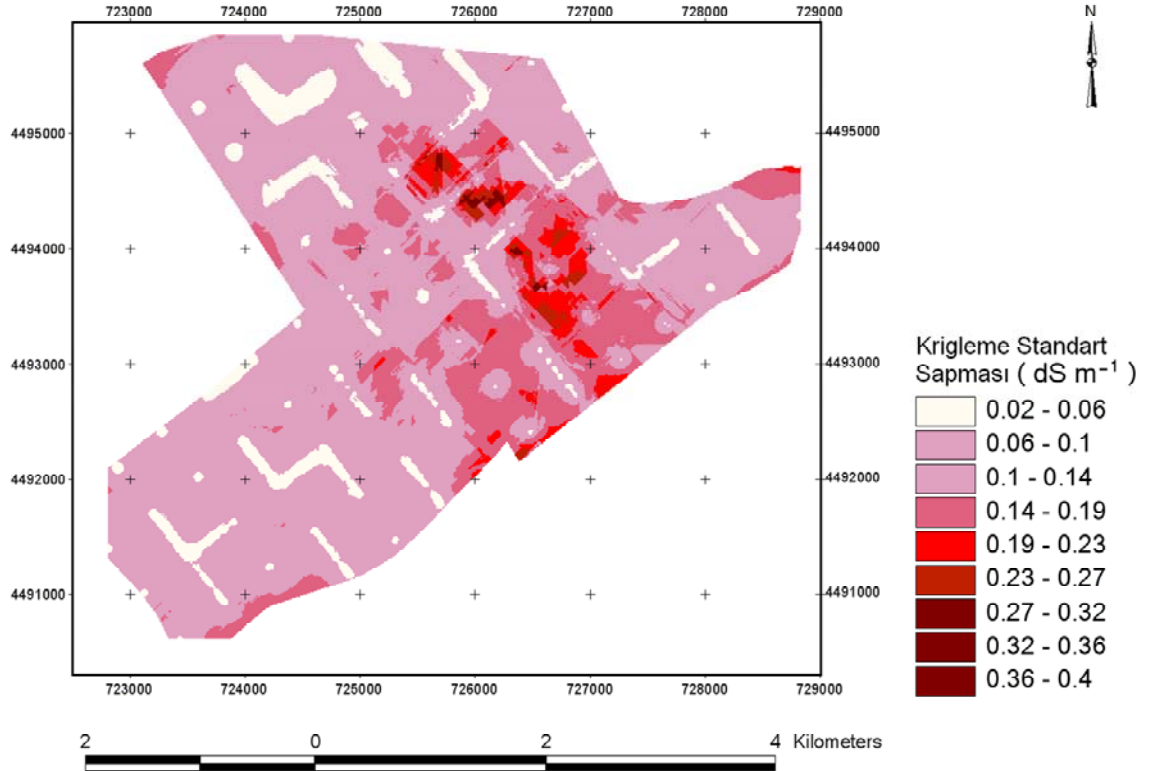
Araştırmanın yapıldığı bölgenin yarı kurak iklim kuşağında nedeniyle yaz döneminde yüksek sıcaklık ile düşük yağış miktarına sahip olması ve alüvyal alanların çoğunlukta olduğu araştırma alanının Çekerek çayına yakınlığıyla sahip olduğu yüksek taban suyu seviyesi toprak tuzluluğunun en önemli kaynaklarıdır. Araziye ait EC dağılım deseni incelendiğinde drenajın yetersiz olduğu lokal alanlar dışında tuzluluğun düşük ve homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir. Yağışa bağlı yıkanmanın fazla olmadığı bölgede tuzluluğun düşük olması araştırma alanında yer alan drenaj sisteminin etkinliğiyle açıklanabilir.

EC'ye ait külçe etkisinin düşük olması değişkenliğin sayısal olarak modellenmesinde kullanılan örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin uygun olduğunu göstermiştir.

Uygun variogram modeli kullanılarak EC için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.58). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritası Şekil 4.59'de görülmektedir.



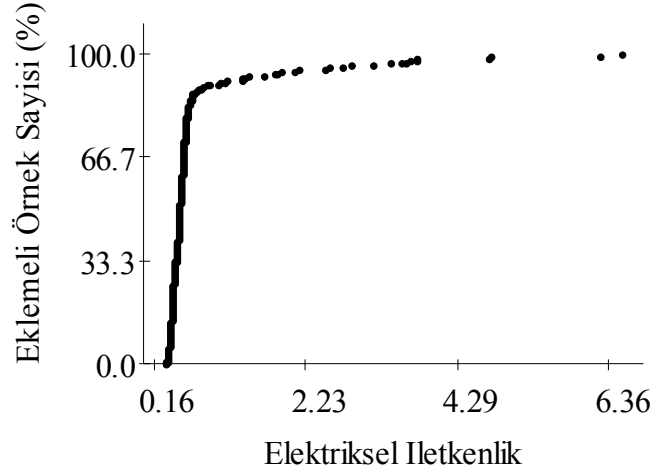
Şekil 4.58 Elektriksel iletkenlik (dS m⁻¹) için krigleme haritası



Şekil 4.59 Elektriksel iletkenlik (dS m⁻¹) için krigleme standart sapma haritası

EC'ye ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlerin ortalaması 0.55 dS m^{-1} olarak belirlenirken alan içerisinde en düşük EC 0.16 dS m^{-1} , en yüksek EC 6.36 dS m^{-1} olarak ölçülmüştür. EC'ye ait çarpıklık değeri 4.42 bulunmuştur. Veri setinde logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Webster 2001). EC'ye ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.60) ve çarpıklık katsayısı arazinin bazı bölgelerinde EC değerlerinin ortalamanın çok üzerinde değerler aldığını göstermektedir (Çizelge 4.21).

Tahmin EC'ye ait ortalama 0.39 dS m^{-1} olarak belirlenirken en düşük EC 0.17 dS m^{-1} , en yüksek EC 3.34 dS m^{-1} olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.21).



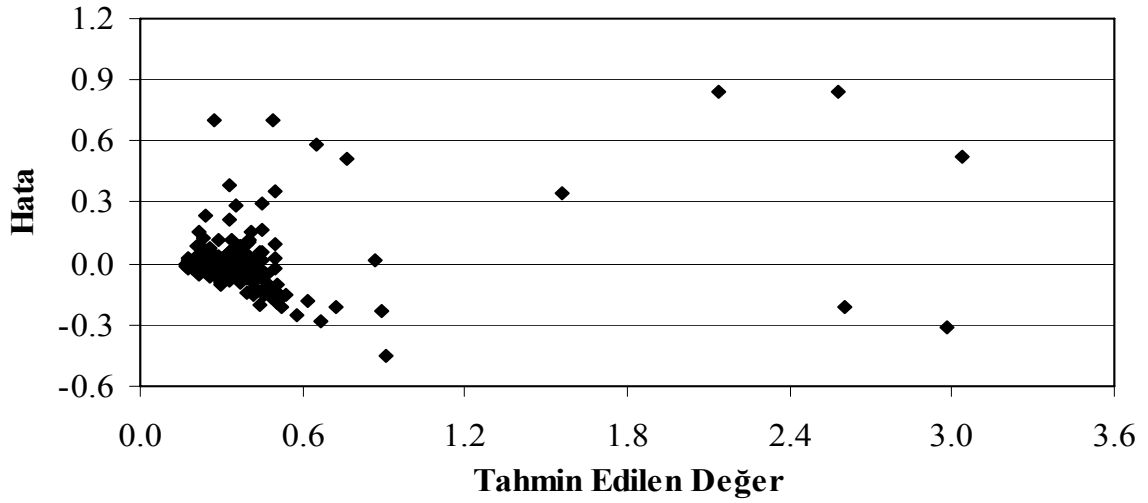
Şekil 4.60 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ortalamalara bakıldığında variogram modelinin EC'nin ölçülen değerlerine göre daha düşük bir ortalama tahminde bulunduğu görülmektedir. Variogram modeli tahminde düşük değerleri birbirine yakın tahmin ederken, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur (Çizelge 4.21).

EC'ye ait hata-tahmin grafiği Şekil 4.61'de görülmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımında başlangıçta hafif bir eğilim eğilimi görülmesine karşın sonrasında normale yakın bir dağılımın olduğu görülmektedir (Şekil 4.61).

Çizelge 4.21 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

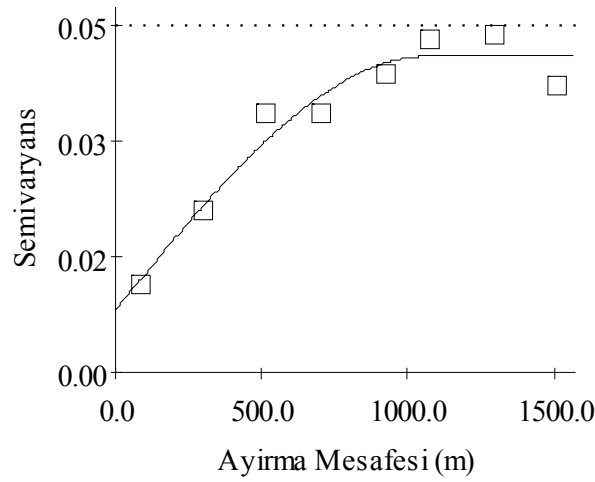
	Ölçülen	Logaritma Dönüşümü Sonrası Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	0.55	-0.96	0.39
Standart Sapma	0.81	0.67	0.34
Değişkenlik Katsayısı, %	147.27	143.28	83.3
Varyans	0.65	0.44	0.12
En Küçük	0.16	-1.83	0.17
En Büyük	6.36	1.85	3.04
Çarpıklık	4.42	2.12	5.9
Basıklık	21.73	4.87	38.19
Örnek Sayısı	298	298	277



Şekil 4.61 Elektriksel iletkenlik (dS m^{-1}) için hata-tahmin grafiği

4.2.11 Toplam organik karbon (TOC)

Toplam organik karbon (TOC) içeriğine (%) ait variogram grafiği Şekil 4.62’de görülmektedir. TOC içeriği için uygun variogram modeli küresel olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.62 Toplam organik karbon (%) için isotropik variogram grafiği

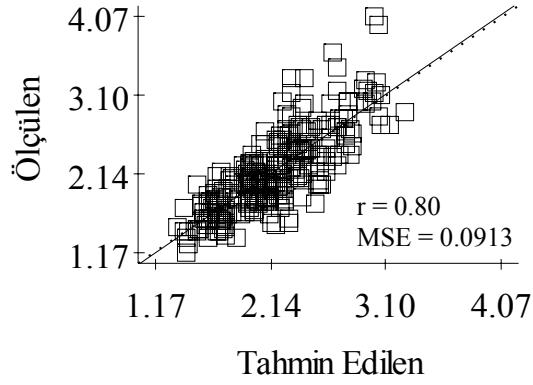
Variogram modeliyle uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı 1069 m olarak bulunurken külçe etkisi 0.0093, eşik değeri 0.0472 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 Toplam organik karbon (%) için isotropik variogram göstergeleri

Model	C_0 (Külçe Etkisi)	C_0+C (Eşik Değeri)	A_0 (Yapısal Uzaklık)	R^2	RSS
Küresel	0.0093	0.0472	1069	0.945	6.405E-05

En uygun variogram modelini oluşturmak (Şekil 4.62) ve ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulmak (Şekil 4.63) için toplam organik karbon içeriğine ait toplam 26 değer değerlendirme dışında (EK 1) tutulmuştur. TOC'nun yöne bağlı (anisotropik) değişimleri incelenerek oluşturulan isotropik variogram modeli çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir.

TOC'da külçe etkisinin, eşik değeri+külçe etkisine oranı (0.20) düşük düzeyde olmuştur (Camberdella *et al.* 1994; Erşahin 1999). Külçe etkisi düşük bulunmasına rağmen TOC arazi içerisinde diğer toprak özelliklerine göre kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik göstermiştir. TOC arazi içerisinde tekstür (% kil, % silt ve % kum), tarla kapasitesi, daimi solma noktası, hidrolik iletkenlik, üst toprak derinliği, pH ve EC değerlerine göre daha kısa hacim ağırlığı değerine göre daha uzun yapısal uzaklıkta değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.22).



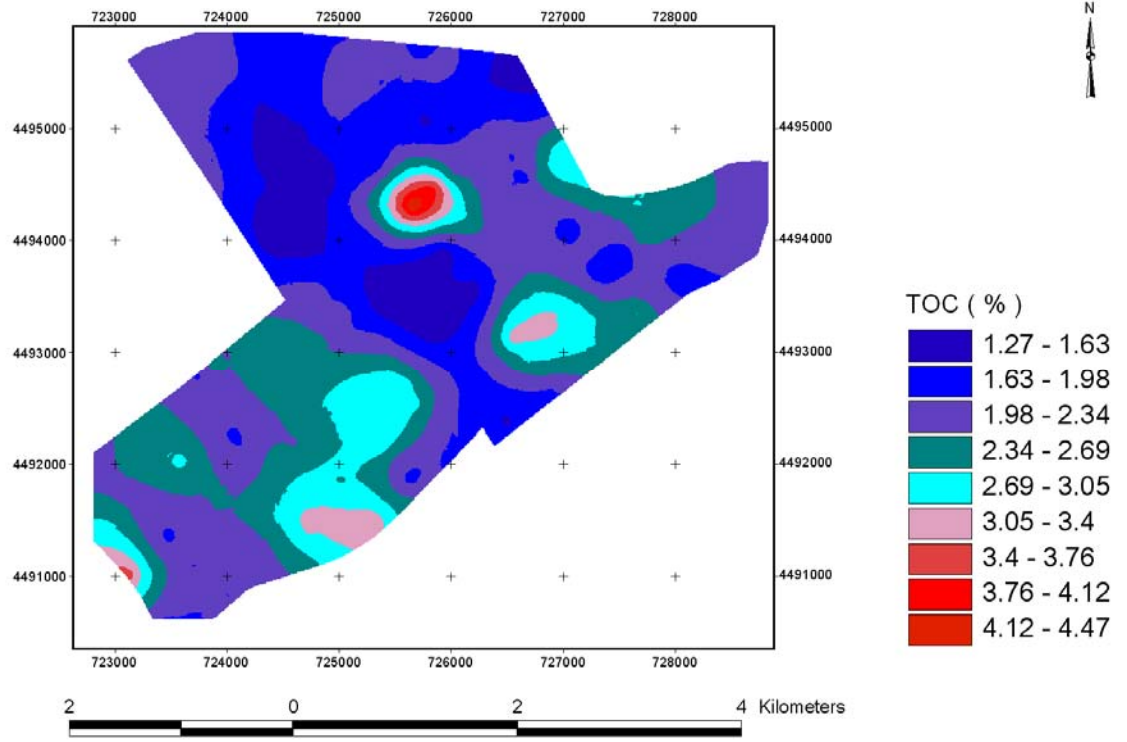
Şekil 4.63 Toplam organik karbon (%) için çapraz doğrulama grafiği

TOC içeriği çoğunlukla iklim, topografya gibi topraklara karakter kazandıran özellikler; tekstür, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve daimi solma noktası gibi bazı toprak özellikleri ve bitki deseni, toprak işleme, drenaj gibi yönetim uygulamaları tarafından belirlenir. TOC içeriğinin en yüksek değerlere kum, silt içeriği yüksek hafif ve orta bünyeli alanlarda ulaştığı görülmektedir. Bu durumda toprakta ortaya çıkan uygun boşluk dağılımı iyi havalanma şartları ve suyun daha kolay alınmasını sağlayarak bitki gelişimini olumlu yönde teşvik etmektedir.

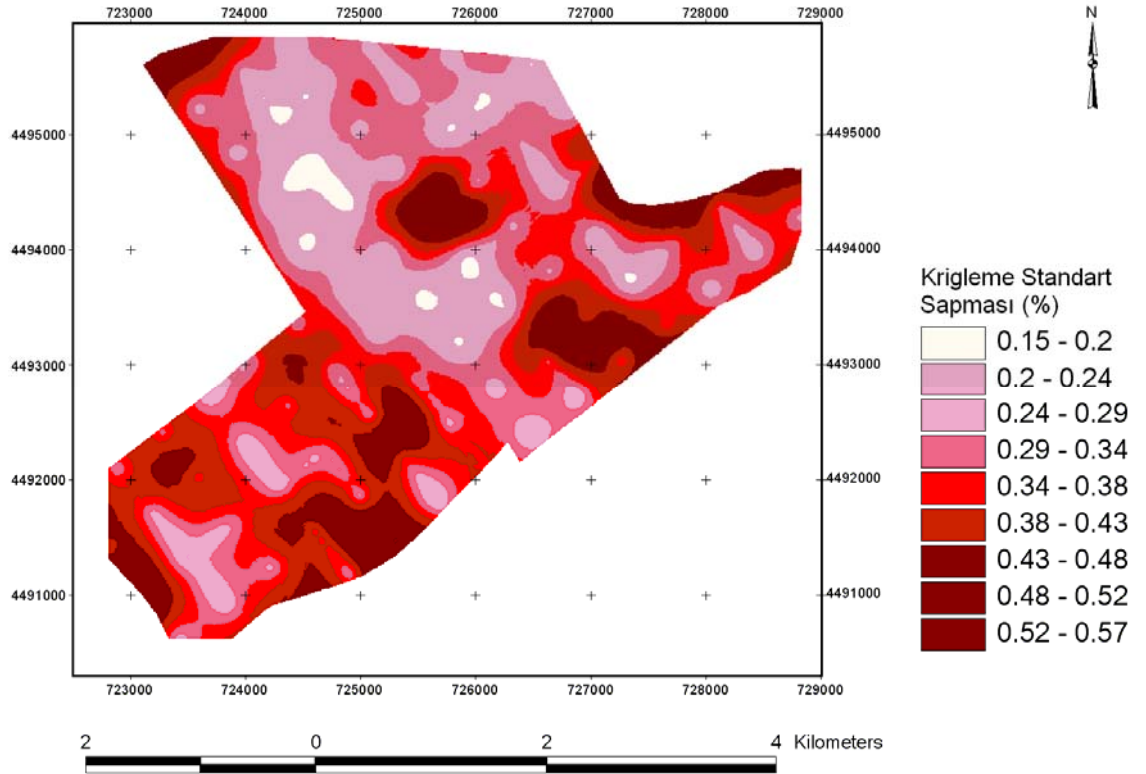
TOC içeriğinin belirtilen faktörlerden etkilenmesi nedeniyle arazi içerisinde değişkenliğinin yüksek olduğu söylenebilir. Bu durum TOC içeriğinin değişim mesafesinin düşük olmasıyla da açıklanabilir. Ancak bununla birlikte TOC içeriğine ait külçe etkisinin düşük olması, değişkenliğin sayısal olarak modellenmesinde kullanılan örnekleme deseni ve örnekleme mesafelerinin uygun olduğunu göstermektedir.

Uygun variogram modeli kullanılarak TOC için blok-kriging yöntemi ile blok tahmini yapılarak krigleme haritaları elde edilmiştir (Şekil 4.64). Krigleme sırasında 16 komşu nokta kullanılmıştır. Tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritası Şekil 4.65’de görülmektedir.

TOC içeriğine ait tanımsal istatistiklere bakıldığında ölçülen değerlerin ortalaması % 2.17 olarak belirlenirken alan içerisinde TOC en düşük % 1.14, en yüksek % 5.73 olarak ölçülmüştür. TOC içeriğine ait çarpıklık değeri 1.76 bulunmuştur. Veri setinde çarpıklığı ortadan kaldırmak için logaritma dönüşümü uygulanmıştır (Webster 2001).

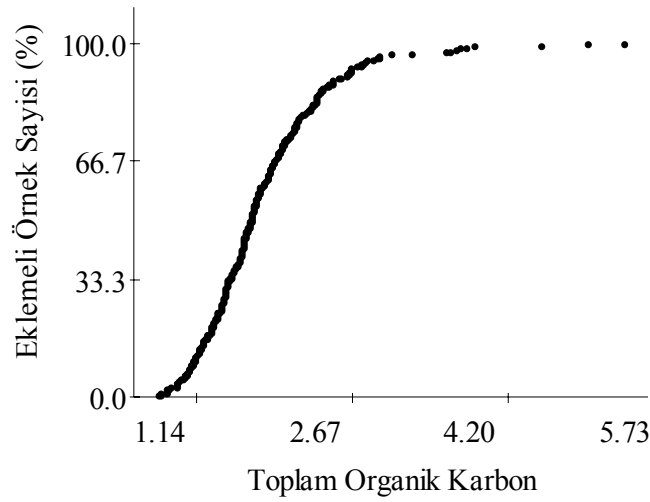


Şekil 4.64 Toplam organik karbon (%) için krigleme haritası



Şekil 4.65 Toplam organik karbon (%) için krigleme standart sapma haritası

TOC içeriğine ait eklemeli örnek dağılım grafiği (Şekil 4.66) ve çarpıklık katsayısı (Çizelge 4.23) arazinin bazı bölgelerinde TOC'nun ortalamanın üzerinde değerler aldığını açıklamaktadır. Tahminde TOC içeriğine ait ortalama % 2.15 olarak belirlenirken en düşük TOC içeriği %1.35, en yüksek TOC içeriği % 3.26 olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4.23). Ölçülen ve tahmin edilen değerlere ait ortalamalara bakıldığında variogram modelinin TOC içeriğini birbirine çok yakın tahmin ettiği görülmektedir. Variogram modeli tahmin sırasında düşük değerleri yüksek, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur (Çizelge 4.23).

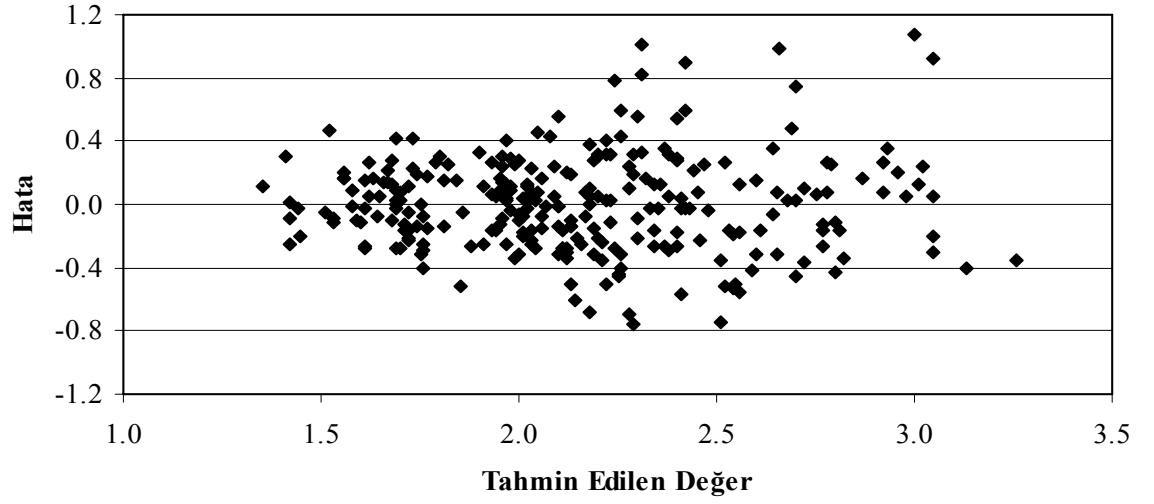


Şekil 4.66 Toplam organik karbon (%) için eklemeli örnek dağılım grafiği

Çizelge 4.23 Toplam organik karbon (%) için ölçülen ve tahmin edilen değerlerin tanımsal istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen	Logaritma Dönüşümü Sonrası Ölçülen	Tahmin Edilen
Ortalama	2.17	0.74	2.15
Standart Sapma	0.65	0.27	0.40
Değişkenlik Katsayısı (%)	29.95	36.49	18.60
Varyans	0.42	0.07	0.16
En Küçük	1.14	0.13	1.35
En Büyük	5.73	1.75	3.26
Çarpıklık	1.76	0.51	0.38
Basıklık	5.53	0.80	-0.36
Örnek Sayısı	298	298	272

TOC içeriğine ait hata-tahmin grafiğı Şekil 4.67’de görölmektedir. Grafik incelendiğinde hataların dağılımının gelişı güzel olduğı görölmektedir. Bu durum modelin tahminde yeterince başarılı olduğunu açıklamaktadır (Şekil 4.67).



Şekil 4.67 Toplam organik karbon (%) için hata-tahmin grafiğı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla jeoistatistik yöntemler kullanılarak Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesi sınırları içerisinde yer alan tarımsal kullanımı yüksek alüviyal ve kolüviyal arazilerde toprak kalite göstergelerinin uzaysal bağımlılığı incelenmiştir. Bu amaçla seçilen bazı fiziksel ve kimyasal kalite göstergelerinde yapısal uzaklık ve yöne bağlı değişimler jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmiştir.

Önce değişkenlere ait tanımsal istatistikler yapılmış sonrasında jeoistatistiksel yöntemler yardımıyla değişkenlere ilişkin variogramlar ve çapraz doğrulamalar yapılarak krigleme haritaları oluşturulmuştur. Sonuçların doğruluğunun değerlendirilmesi sırasında tahmin edilen değerlere ait krigleme standart sapma haritaları ve hata-tahmin grafikleri çizilmiş, tahmin edilen değerlere ait tanımsal istatistikler yapılmıştır.

Toprak özelliklerine ait değişkenlikler incelendiğinde en yüksek değişkenlik katsayısı % 250 hidrolik iletkenlikte, en düşük değişkenlik katsayısı ise % 2.79 ile pH'da gerçekleştiği görülmektedir. Değişkenlik katsayısının yüksek olması değişkenliğin fazla olduğunu açıklarken, düşük olması ise değişkenliğin az olduğunu açıklamaktadır.

Hidrolik iletkenliğin değişkenliği üzerine baskın kaynak toprak tekstürü olmasına karşın toprak hidrolik özellikleri uzaysal, zamansal ve yönetim süreçleriyle ilişkili olarak birçok değişkenlik kaynağına sahiptir. Bu nedenle tarımsal arazilerde toprak hidrolik özelliklerinin değişkenliği yalnızca toprak tipine bağlı olmayıp toprak yönetim faktörleri de önemli ölçüde hidrolik iletkenliğini değiştirebilmektedir.

Analiz edilen özelliklere ait çarpıklığa bakıldığında en yüksek çarpıklık değeri 4.42 ile EC'de görülürken tarla kapasitesi -0.02 çarpıklık değeri ile normal dağılıma en çok yaklaşan toprak özelliği olmuştur. Çarpıklık katsayısı pozitif olan silt içeriği, kum içeriği, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, EC ve toplam organik C özellikleri sağa yatık dağılım gösterirken, çarpıklık katsayısı negatif olan kil içeriği, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, üst toprak derinliği ve pH sola yatık dağılım göstermişlerdir.

Çarpıklığın belirlenmesi bir çok alanda faydalar sağlamaktadır. Kolay veya pratik çözümler üretmek için çoğu kez basitleştirilmiş modeller kullanılarak veri setlerinin normal dağılım gösterdiği varsayılır. Bu varsayıma göre veriler ortalama etrafında simetrik olarak dağılmaktadırlar. Ancak pratikte veri setleri çoğu kez kusursuzca simetrik değildirler. Veri setlerinin çarpıklığının anlaşılması kullanılan ortalamanın ne kadar simetriklikten uzak olabileceğini ve kullanılan veri setlerinin hangi yönde ortalamadan farklı olacağını anlaşılmasını sağlamaktadır.

Basıklığa ilişkin verilere bakıldığında hidrolik iletkenlik (14.69), EC (21.73) ve TOC (5.53) değişkenlikleri yayvan bir dağılım sergilerken, kil içeriği (-0.24), silt içeriği (-0.10), kum içeriği (1.82), hacim ağırlığı (1.63), tarla kapasitesi (-0.39), daimi solma noktası (-0.29), üst toprak derinliği (0.36) ve pH (0.18) normal bir dağılım göstermişlerdir.

Basıklık dağılımının normal dağılıma göre basık veya pik yapması olarak tanımlanır ve normal dağılımda 0 olduğu varsayılır. Pozitif değerler normal dağılıma göre dikliğini, negatif değerler ise dağılımın normal dağılıma göre basıklığını gösterir. Basıklık katsayısının ± 2 değerler arasında olması normal olarak değerlendirilir.

Hidrolik iletkenlik ve üst toprak derinliğinin değişkenliği üstel model ile modellenirken diğer toprak kalite özellikleri küresel modelle modellenmişlerdir. Özelliklere ait külçe etkisi incelendiğinde 4.23 ile en yüksek külçe etkisinin üst toprak derinliğinde olduğu görülmüştür. Külçe etkisi EC ile birlikte kil içeriği, tarla kapasitesi ve daimi solma noktası için yüksek bulunurken silt içeriği, kum içeriği, hacim ağırlığı, pH ve TOC içerisinde düşük bulunmuştur.

Trangmar *et al.* (1987), külçe etkisinin düşük olmasını özelliklere ait uzaysal bağımlılığın sayısallaştırılmasında kullanılan örnekleme planının uygunluğuyla açıklamışlardır. Nash *et al.* (1988), yüksek külçe etkisinin örnekleme deseni ile ilgili olduğunu, külçe etkisinin azaltılması için topraklarda kısa mesafelerle örnekleme yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Analiz edilen özelliklere ait eşik değerine bakıldığında en yüksek değere 182.5 olarak kil içeriğinde ulaşılırken en düşük değere ise 0.01022 olarak hacim ağırlığında ulaşılmıştır. Diğer özelliklere ait eşik değerlerine bakıldığında çoğunlukla düşük eşik değerlerinin olduğu görülmektedir. Eğer eşik değeri durağan yani kararlı olarak belirirse değişkenliğin geniş yapısal uzaklıklarla ayrılan iki nokta arasında gerçekleştiği kabul edilir.

Toprak kalite göstergeleri arasında uzaysal bağımlılığın yapısal uzaklığı en uzun 1981 m ile EC'de belirlenirken en kısa yapısal uzaklık ise 1054 m ile hacim ağırlığında gerçekleşmiştir. Değişkenliğin yapısal uzaklığı ilgili özelliğin karakteriyle birlikte diğer özelliklerle olan etkileşimine ve arazi içerisindeki değişimlere bağlıdır. İlgili özelliğin belirtilen değişkenlik kaynaklarından etkilenme derecesi değişkenliğin yapısal uzaklığını belirlemektedir.

Çapraz doğrulama sonuçlarına göre korelasyon katsayıları 0.80-0.94 arasında bulunmuştur. En yüksek korelasyon katsayısı kil içeriği ve EC'de bulunurken üst toprak derinliği ve toplam organik karbon içeriği en düşük korelasyon katsayısı değerlerini almıştır. Korelasyon katsayılarının yüksek olması ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında çok iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu aynı zamanda yapılan tahminin başarısının da bir ölçüsüdür.

Değişkenlere ait tahmin haritaları krigleme yöntemiyle elde edilmiştir. Tekstür bileşenlerine (% kum, % silt ve % kil) ait haritalar incelendiğinde koluviyal arazilerde kum içeriğinin, aluviyal arazilerde ise kil içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Silt içeriği ise koluviyal-aluviyal geçişlerinde yüksek bulunmuştur. Bu durum tekstür bileşenlerinin tane çapına göre eğim yönünde taşınarak biriktiğini göstermektedir. Tane çapı en büyük olan kum yakın mesafelere taşınırken silt orta, kil ise uzak mesafelere taşınarak birikmiştir.

Hacim ağırlığı en güçlü ilişkiyi toprak tekstürüyle göstermiştir. Hacim ağırlığı beklendiği gibi en yüksek değerlere kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda ulaşırken, kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda düşük hacim ağırlığı değerleri elde edilmiştir. Bu aynı zamanda arazide herhangi bir sıkışmanın olmadığını göstermektedir.

Tarla kapasitesi ve daimi solma noktası toprak tekstürü ile yakın ilişkili olmuştur. Tarla kapasitesi ve daimi solma noktası kil içeriği yüksek olan aluviyal alanlarda yüksek bulunurken kum içeriğinin yüksek olduğu koluviyal alanlarda ise düşük bulunmuştur. Kilin su tutma özelliğiyle birlikte killi tekstürdeki küçük boşluk (mikropor) dağılımının fazla olması kil oranı yüksek alanlarda tarla kapasitesi ve daimi solma noktasının yüksek olmasının nedenidir. Kil içeriği yüksek alanlardaki değişim ise kil tipinden kaynaklanabilir.

Hidrolik iletkenlik toprak tekstürüyle yakından ilişkili olmuştur. Silt içeriğinin yüksek olduğu alanlarda hidrolik iletkenlik yüksek bulunmuştur. Bu durum toprakta silt içeriğinin fazla olduğu alanlarda yüksek hacim ağırlığı değerlerine bağlı olarak ortaya çıkan boşluk büyüklüğü ve boşluk dağılım deseni ile ilgilidir. Siltli tekstürdeki topraklarda büyük ve küçük boşlukların dağılımının birbirine yakın ve boşlukların devamlılığının olması nedeniyle topraktaki su hareketi kolay ve sürekli olabilmektedir. Toprakta su hareketi üzerine bu şekildeki olumlu katkılar hidrolik iletkenliğin yüksek belirlenmesini sağlamaktadır.

Üst toprak derinliği tekstürle birlikte değişkenlik göstermektedir. Üst toprak derinliği kum ve silt miktarı yüksek alanlarda yüksek bulunurken kil içeriği yüksek alanlarda ise düşük bulunmuştur. Bu durum topografyaya bağlı olarak ortaya çıkan taşınma-birikme olayları ve/veya kil içeriği yüksek alanlarda kil birikimine bağlı olarak alt horizonlara geçişi sınırlayan kil direnciyle açıklanabilir. Ayrıca arazi içerisindeki üst toprak derinliğinin değişkenliğini belirleyen bir diğer faktörde toprak işlemedir. Toprak işleme, toprak profilinin üst horizonlarında topoğrafya ve yönetim uygulamalarına bağlı ortaya çıkan geçirimsiz katmanları parçalayarak üst toprak derinliğinin değişkenliğini sağlamaktadır. Bitki deseni haritaları incelendiğinde üst toprak derinliğinin düşük olduğu bölgelerde son 5 yıllık amenajmanda yonca tahsisinin yapılması ve toprak işlemenin bu şekilde sınırlanması üst toprak derinliğinin toprak işleme ile olan ilişkisini açıklamaktadır.

pH'ya ait değişkenlikler bu çalışmada araştırılan diğer toprak özellikleriyle düşük ilişki göstermiştir. pH'nın yüksek olduğu koluviyal alanlar ile düşük olduğu aluviyal alanlardaki değişim arazi içerisindeki topoğrafya, iklim ve yönetim uygulamalarıyla açıklanmaktadır. Yarı kurak iklim bölgesinde yer alan araştırma topraklarının pH değerleri

düşük yıkanma ve kuru tarıma bağlı olarak koluviyal alanlarda yüksek bulunurken, aluviyal alanlarda pH değerleri sulu tarımın yapılması nedeniyle düşüşler göstermiştir.

EC'nin arazi içersinde değişkenliği toprak özelliklerinden fazla etkilenmemesi nedeniyle yüksek olmamıştır. EC değişkenliğini belirleyen temel faktörler araziye ait topoğrafik özellikler olmuştur. Araştırma alanının Çekerek çayına yakınlığı ve aluviyal toprakların varlığı nedeniyle yüksek taban suyuna bağlı tuzluluk riskleri iyi bir drenaj sistemiyle azaltılmıştır. Ancak drenaj sisteminin etkinliğinin azaldığı bazı lokal alanlarda yüksek taban suyu varlığına bağlı olarak yüksek tuzluluk değerleri belirlenmiştir.

Toplam organik karbon içeriğinin arazi içersindeki değişkenliği bazı alanlar dışında homojen olmuştur. Toplam organik karbon içeriği bitki desenine göre değişkenlik göstermiştir. Son 5 yıllık amenajmana göre yonca ekiminin yapıldığı alanlardaki toplam organik karbon içeriği tahıl ekiminin yapıldığı alanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Yonca çok yıllık bir yem bitkisi olmasının yanında kök sistemine bağlı olarak topraklara önemli miktarda bitkisel artıklar bırakarak toplam organik karbon içeriğini olumlu yönde teşvik eder. Ayrıca taban suyu seviyesinin yükseldiği alanlarda da bitki gelişiminin olumlu yönde teşvik edilmesiyle toplam organik karbon içeriğinde artışlar gözlenmiştir.

Yapılan araştırma ile ortaya konulan tüm sonuçlar birbiri ile uyumlu ve destekler nitelikte olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile yoğun tarım yapılan topraklarda kalite göstergelerindeki değişkenlik ve değişkenlik kaynakları ortaya konularak, sürdürülebilir tarımda toprak kalitesinin devamlılığını sağlayacak tarımsal uygulamalar ve arazi kullanımıyla ilgili kararların oluşturulması amaçlanmıştır.

Tekstür bileşenleri (% kil, % silt ve % kum) analiz edilen diğer kalite göstergelerini etkileyen en önemli göstergeler olmuştur. Çoğu kalite göstergesi tekstür bileşenleriyle yakın ilişkili değişkenlikler sergilemiştir. Bu nedenle gelecekteki amenajman ve arazi kullanımına yönelik planlamalarda tekstür bileşenlerinin değişkenliği dikkate alınmalıdır.

Kil içeriğinin yüksek olduğu aluviyal alanlarda yumru köklü bitkilerin ekiminden kaçınılması yararlı olacaktır. Kilin olumsuz etkisini azaltmak ve topraktaki su ve hava hareketini arttırmak için baklagil, yem veya yeşil gübre bitkilerinin ekim nöbeti sistemine dahil edilerek toprak organik karbon içeriğini artırılması sağlanmalıdır. Tuz içeriğinin yüksek olduğu alanlarda drenaj sisteminin etkinliğini artırarak toprakta tuz birikiminin azaltılması sağlanmalıdır. Ayrıca tuz içeriği yüksek alanlarda kısa vadede tuza dayanıklı bitki türleri yetiştirilerek mevcut alanların verimli kullanımı sağlanabilir. Üst toprak derinliğinin düşük olduğu alanlarda saçak köklü veya yüzlek köklü bitki türlerinin ekimi veya farklı derinliklerde sürüm yapabilen toprak işleme aletlerinin kullanılmasıyla pulluk tabanının oluşumu engellenerek, üst toprak derinliğinin değişkenliği sağlanabilir. Araştırma alanının kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alması nedeniyle toprak suyu bitki gelişimini sınırlandıran önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, topraktaki yarayışlı sudan bitkinin en fazla faydalanabilmesi, toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltmak için toprak yüzeyini kaplayacak bitki türlerinin seçilmesine özen gösterilmelidir.

Yüzey toprakları için elde edilen krigleme haritalarıyla koluvial ve aluviyal toprakların değişkenlikleri belirlenmiştir. Bu bölgede veya benzer özelliklerdeki topraklarda gelecek dönemlerde yapılacak tarımsal ve bilimsel çalışmalarda bu sonuçlar veri tabanı olarak kullanılabilir.

Bu çalışma sırasında kullanılan jeostatistiksel yöntemler tarımsal ve bilimsel çalışmalarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Kullanıcıya getirdiği düşük maliyet avantajının yanında bilgilere hızlı ve kolay ulaşabilme olanakları da sağlamaktadır. Ancak yapılacak çalışmalarda elde edilecek verilerin güvenilir olabilmesi örnekleme sayısı ve mesafesine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle jeostatistik yöntemlerin kullanılacağı çalışmalar iyi bir örnekleme planı gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Abreu, S.L., Reichert, J.M., da Silva, V.R., Reinert D.J. and Blume, E. 2003. Spatial Variability of Soil Physico-hydrical Properties and Wheat Yield and Quality in a Sandy Loam Hapludalf under No-tillage. *Ciencia Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 275-282.
- Akbaş, F. 2004. Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Geleneksel ve Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 113 sayfa, Tokat.
- Akbaş, F. ve Yıldız, H. 2004. Toprak Özelliklerinin Haritalanmasında Jeostatistiksel Tekniklerin Kullanımı. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 6-9 Ekim 2004, Türkiye.
- Anonim. 1984. Gökhöyük Tarım İşletmesi Topraklarının Etüd ve Haritalanması. TİGEM, Ankara.
- Anonim. 2000. Amasya-Merkez-Doğantepe Beldesinin Hidrolojik Etüt Raporu. DSI, 2000.
- Anonim. 2004. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous. 1957. Soil Yearbook of Agriculture. US. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Anonymous. 1990. Integrated Plant Nutrient Systems: State of the Art. Commission on Fertilizers, 11th Session, 4-6 April, 1990. FAO, Rome.
- Anonymous. 1996b. Indicators for Soil Quality Evaluation. Soil Quality Information Sheet. USDA, Natural Resources Conservation Service.
- Anonymous. 1999. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA Handbook, Soil Survey Staff No: 436, Washington DC.
- Arnold, R.W., Zaboles, I. and Targulian, V.C. 1990. Global Soil Change. Report of an IIASA-ISSS-UNEP Task Force on the Role of Soil in Global Change. International Institute for Applied Systems Analyses. Laxenburg, Austria.
- Başkan, O. 2004. Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik-Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 176 sayfa, Ankara.
- Beckett, P.H.T. and Webster, R. 1971. Soil variability: a review. *Soil Fertil.*, 34, 1-15.
- Bentley, C.F. and Leskiw, L.A. 1984. Sustainability of Farmed Lands: Current Trends and Thinking. Canadian Environmental Advisory Council, Environment Canada, Ottawa.

- Black, C.A. 1968. *Soil-Plant Relationships*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density and Particle Density. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no: 9, Madison, WI.
- Bocchi, S., Castrignano, A., Fornaro, F. and Maggiore, T. 2000. Application of Factorial Kriging for Mapping Soil Variation at Field Scale. *European Journal of Agronomy*, 13, 295-308.
- Boruvka, L., Donatova, H. and Nemecek, K. 2002. Spatial Distribution and Correlation of Soil Properties in a Field: a Case Study. *Rostlinna Vrybova*, 48 (10), 425-432.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Agronomy Journal*, 43(9), 434-438.
- Braimoh, A.K. and Vlek, P.L.G. 2004. The Impact of Soil Quality on Maize Yield in Ghana. "Rural Poverty Reduction through Research for Development", Deutscher Tropentag, October 5-7, Berlin.
- Braimoh, A.K. and Vlek, P.L.G. 2006. Soil Quality and Other Factors Influencing Maize Yield in Northern Ghana. *Soil Use and Management*, 22, 165-171.
- Braimoh, A.K., Stein, A. and Vlek, P.L.G. 2005. Identification and Mapping of Associations Among Soil Variables. *Soil Science*, 170 (2): 137-148.
- Brejda, J.J., Karlen, D.L., Smith, J.L. and Allan, D.L. 2000b. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: II. Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 2125-2135.
- Brejda, J.J., Moorman, T.B., Karlen, D.L. and Dao, T.H. 2000a. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 2115-2124.
- Brundtland, G.H. 1987. *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford Univ. Press, NY.
- Burgess, T.M. and Webster, R. 1980a. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties. I. The Semivariogram and Punctual Kriging. *J. Soil Sci.* 31:315-331.
- Buscaglia, H.J. and Varco, J.J. 2003. Comparison of Sampling Designs in the Detection of Spatial Variability of Mississippi Delta Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1180-1185.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E. 1994. Field-Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1501-1511.

- Carter, M.R. 1998. Micronutrient Concentrations in Barley and Soybean under Minimum Tillage on Podzolic Soils in a Cool Climate. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 47, 7-13.
- Carter, M.R. 2002. Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions That Maintain Soil Functions. *Agron. J.*, 94, 38-47.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. and Pierce, F.J. 1997. Concepts of Soil Quality and Their Significance. In: E.G. Gregorich and M.R. Carter (eds.), *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*, pp.1-19. *Dev. Soil Sci.* 25. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.
- Carvalho, J.R.P., Silveira, P.M. and Vieira, S.R. 2002. Geostatistics to Determine Spatial Variability of Soil Chemical Properties Using Different Preparation Systems. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 37, n. 8, p. 1151-1159.
- Chien, Y.J., Lee, D.Y., Guo, H.Y. and Houn, K.H. 1997. Geostatistical Analysis of Soil Properties of Mid-West Taiwan Soils. *Soil Sci.*, 162, 291-298.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. 2005a. Characterizing Soil Spatial Variability with Apparent Soil Electrical Conductivity I. Survey Protocols. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 103-133.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. 2005b. Characterizing Soil Spatial Variability with Apparent Soil Electrical Conductivity Part II. Case Study *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 135-152.
- Corwin, D.L., Lesch, S.M., Oster, J.D. and Kafka, S.R. 2006. Monitoring Management-Induced Spatio-Temporal Changes in Soil Quality through Soil Sampling Directed by Apparent Electrical Conductivity. *Geoderma*, Volume 131, Issues 3-4, pages 369-387.
- Cressie, N. 1991. *Statistics for Spatial Data*. Wiley Interscience. New York, N.Y.
- Doran, J. W. and Parkin, T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran JW et al. (ed), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Doran, J.W. and Jones, A.J. 1996. Methods for Assessing Soil Quality. *SSSA Spec. Publ.*, vol. 49. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Doran, J.W. and Zeiss, M.R. 2000. Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11.
- Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication, vol. 35. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

- Douaik, A., Van Meirvenne, M. and Toth, T. 2005. Soil Salinity Mapping Using Spatio-Temporal Kriging and Bayesian Maximum Entropy with Interval Soft Data, *Geoderma*, 128, 234-248.
- Duffera, M., White, J.G. and Weisz, R. 2006. Spatial Variability of Southeastern U.S. Coastal Plain Soil Physical Properties: Implications for Site-specific Management. *Geoderma*, doi:10.1016/j.geoderma. 2006.08.018.
- Erşahin, S. 1999. Aluviyal Bir Tarlada Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özelliklerinin Uzaysal (Spatial) Değişkenliğinin Belirlenmesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 13 (19), 34-41.
- Erşahin, S. 2001. Toprak Amenajmanı Tarımda Sürdürülebilirlik ve Çevre Kalitesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 56, Ders Notları Serisi No:21, 153, Tokat.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A.M.N. and Swift, M.J. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *Appl. Soil Ecol.*, 6, 3-16.
- Goderya, F.S. 1998. Field Scale Variations in Soils Properties for Spatially Variable Control: A Review, *Journal of Soil Contamination*, 7(2), 243-264.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, New York.
- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical Tools for Characterizing the Spatial Variability of Microbiological and Physico-chemical Soil Properties. *Biol. Fertil. Soils*, 27, 315–334.
- Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in Soil Science: State-of-the Art and Perspectives. *Geoderma*, 89, 1- 45.
- Green, T.R., Ahujaa, L.R. and Benjamin, J.G. 2003. Advances and Challenges in Predicting Agricultural Management Effects on Soil Hydraulic Properties. *Geoderma*, 116, 3-27.
- Guimaraes Couto, E., Stein, A. and Klamt, E. 1997. Large Area Spatial Variability of Soil Chemical Properties in Central Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66, 139-152.
- Hall, G.G. 1983. Pedology and Geomorphology. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F. (Eds.), *Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions*, vol. 1. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 117-140.
- Halvorson, J.J., Jeffrey, L.S. and Papendick, R.I. 1995. Integration of Multiple Soil Parameters to Evaluate Soil Quality : a Field Example. *Biology and Fertility of Soils*, 21, 207-14.
- Hamlett, J.M., Horton, R. and Cressie, N.A.C. 1986. Resistant and Explatory Techniques for Use in Semivariogram Analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 868-875.

- Hanks, J. and Ritchie, J.T. (eds.). 1991. *Modeling Plant and Soil Systems*, Agronomy Monograph No. 31, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H. and Duquette, M. 1993. Soil Reaction and Exchangeable Acidity. In *Soil Sampling and Methods of Analysis*, M.R.Carter (ed.), Canadian Society of Soil Science.
- Hillel, D. 1991. Research in Soil Physics: A Review. *Soil Sci.*, 151:30–34.
- Hoosbeek, M.R. and Bouma, J. 1998. Obtaining Soil and Land Quality Indicators Using Research Chains and Geostatistical Methods. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Volume 50, Numbers 1-3, p. 35-50.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R. and Whisler, F.D. 2005. Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1338-1350.
- Isaaks, H.E. and Srivastava, R.M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, N.Y, 10016.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Jacquez, D., Vanderborght, J., Mallants, D., Mohanty, B.P., Feyen, J., Joares, A(ed)., Gomez Fernandez, J(ed). and Froidevaux, R. 1996. Analysis of Solute Redistribution in Heterogeneous Soil: I. Geostatistical Approach to Describe the Spatial Scaling Factors. *Geo env I. Geostatistics for Environmental Applications*. Proceeding, Lisbon Portugal, 18-19 November, 271-282.
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill Book Company. p:15.
- Johnson, C.K., Doran, J.W., Duke, H.R., Wienhold, B.J., Eskridge, K.M. and Shanahan, J.F. 2001. Field-Scale Electrical Conductivity Mapping for Delineating Soil Condition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 1829-1837.
- Jordan, M.M., Navarro-Pedreno, J., Garcia-Sanchez, E., Mateu, J. and Juan, P.2003. Spatial Dynamics of Soil Salinity under Arid and Semi-arid Conditions: Geological and Environmental Implications. *Environ. Geol.*, 45(4):448–456.
- Journel, A.G. and Huijbregts, C.H.J. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Pres. London.
- Juma, N.G. 1999. The Pedosphere and Its Dynamics: What is a Soil?: 1.6 Major Components of Soil (on Line). Available [http://www.Pedosphere.com/\(22/02/2001\)](http://www.Pedosphere.com/(22/02/2001)).
- Jung, W.K., Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Kremer, R.J., and Motavalli, P.P. 2005. Relationship of Apparent Soil Electrical Conductivity to Claypan Soil Properties, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69, 883-892.
- Jurry, W.A. 1986. Spatial Variability of Soil Properties. P.245-269. In S.C. Hern and S.M. Melancon (ed.) *Vadose Zone Modelling of Organic Pollutants*. Lewis Publishers, Chelsea, MI.

- Karaca, S. 2008. Amasya-Doğantepe Beldesi ve Yakın Çevresinin Kırsal Arazi Değerlendirmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 190 sayfa, Ankara.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. and Schuman, G.E. 1997. Soil quality: Concept, Rationale and Research Needs. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 4-10.
- Keck, T.J., Quimby, W.F. and Nielsen, G.A. 1993. Spatial Distrubition of Soil Attributes on Reconstructed Mine Soils. *Soil Science Society of American Journal*, 57(3), 782-786.
- Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory methods. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662, ASA and SSSA Agronomy Monograph no: 9, Madison, WI.
- Klute, A. and Dirksen, C. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity : Laboratory Methods. *In Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 687-732. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9, Madison, WI.
- Kravchenko, A.N. 2003. Influence of Spatial Structure on Accuracy of Interpolation Methods. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67, 1564-1571.
- Krige, D.G. 1951. A Statistical Approach to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand: Chemical Metallurgical and Mining Society of South Africa Journal, no. 52, p. 119,139.
- Lal, R. 1997. Long-Term Tillage and Maize Monoculture Effects on a Tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Crop Yield and Soil Chemical Properties. *Soil Tillage Res.*, 42, 161-174.
- Lal, R. and Stewart, B.A. 1993. Managing Soils for Enhancing and Sustaining Environmental Quality. *In R. Lal and B. A. Stewart (eds.) Soil Management. Advances in Soil Science.* pp:1-13. Lewis Publihers, Boca Raton.
- Lark, R.M. 2002. Optimized Spatial Sampling of Soil for Estimation of the Variogram by Maximum Likelihood. *Geoderma*, 105, 49-80.
- Larson, W.E. and Pierce, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. *In Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World.* p.175-203. Int. Board for Soil Res. and Management. Bangkok, Thailand.
- Larson, W.E. and Pierce, F.J. 1994. The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management. In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, & B.A. Stewart (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Development*, pp. 37-51. *Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.*, 35, Madison, WI.
- Lockeretz, W. 1988. Open Questions in Sustainable Agriculture. *Am. J. Alternative Agric.*, 3, 174-181.

- Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Pena-Barragan, J.M. and Garcia-Torres, L. 2005. Using Geostatistical and Remote Sensing Approaches for Mapping Soil Properties. *Europ. J. Agronomy*, 23, 279-289.
- Mallants, D., Mohanty, B.P., Jacques, D. and Feyen, J. 1996. Spatial Variability of Hydraulic Properties in a Multi-Layered Soil Profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181.
- Matheron, G. 1963. Principles of Geoistatistics. *Eron. Geol.*, 58, 1246-1266.
- McBratney, A.B. and Pringle, M.J. 1997. Spatial Variability of Soil: Implications for Precision Agriculture. p. 3-31. *In* J.V. Stafford (ed.) Precision Agriculture '97. Volume 1: Spatial Variability in Soil and Crop. BIOS Scientific Publishers Ltd., Oxford, UK.
- Melsted, S.W. and Peck, T.R. 1973. The principles of soil testing. *In*: Walsh, L.M., Beaton, J.D. (eds.), Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Madison, USA, pp. 13-21.
- Miller, F.P. and Wali, M.K. 1995. Soils, Land Use and Sustainable Agriculture: a Review. *Can. J. Soil Sci.*, 75, 413-422.
- Miller, M.P., Singer, P.M.J. and Nielsen, D.R. 1988. Spatial Variability of Wheat Yield and Soil Properties on Complex Hills. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52, 1133-1141.
- Mueller, T.G., Mijatovic, B., Sears, B.G., Pusuluri, N. and Stombaugh, T.S. 2004. Soil Electrical Conductivity Map Quality. *Soil Science*, 169(12), 841-851.
- Mulla, D.J. and McBratney, A.B. 2001. Soil Spatial Variability, A-321-A-351, *In*: Handbook of Soil Science, Malcolm E. Sumner (ed. in chief) CRS press.
- Nash, M.H., Daugherty, L.A., Gutjahr, A., Wierenge, P.J. and Nance, S.A. 1988. Horizontal and Vertical Kriging of Soil Properties Along a Transect in Southern New Mexico. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52, 1086-1090.
- Needelman, B.A., Wander, M.M., Bollero, G.A., Boast, C.W., Sims, G.K. and Bullock, D.G. 1999. Interaction of Tillage and Soil Texture: Biologically Active Soil Organic Matter in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1326-1334.
- Oades, J.M. and Walters, L.J. 1994. Indicators of Sustainable Agriculture: Policies to Padlock. *In*: C.E. Pankhurst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gubta and P.R. Grace (eds.), Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems, pp. 219-223. CSIRO Press, Melbourne.
- Oldeman, L.R. 1994. The Global Extent of Soil Degradation. *In*: D.J. Greenland & I. Szabolics (eds.), Soil Resilience and Sustainable Land Use, pp. 99-118. CAB Inter., Wallingford, Oxon.
- Oliver, M.A. 1987. Geostatistics and Its Application to Soil Science. *Soil Use Manag.*, 7, 206-217.

- Oquist, K.A., Strock, J.S. and Mulla, D.J. 2006. Influence of Alternative and Conventional Management Practices on Soil Physical and Hydraulic Properties. *Vadose Zone J.*, 5, 356-364.
- Öztaş, T. 1995. Jeostatistiğin Toprak Bilimindeki Önemi ve Uygulanışı. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt I, sayfa: 271-280, Ankara.
- Öztekin, T. and Erşahin, S. 2006. Saturated Hydraulic Conductivity Variation in Cultivated and Virgin Soils. *Turk. J. Agric. For.*, 30, 1-10.
- Pardo-Iguzquiza, E. and Dowd, P.A. 2003. Assessment of the Uncertainty of Spatial Covariance Parameters of Soil Properties and Its Use in Applications. *Soil Science*, 168(11), 769-782.
- Parr, J.F., Steward, B.A., Hornick, S.B. and Singh, R.P. 1990. Improving the Sustainability of Dryland Farming Systems: A Global Perspective. *Advances in Soil Science*, 13, 1-8.
- Pierce, F.J. and Larson, W.E. 1993. Developing Criteria to Evaluate Sustainable Land Management. p. 7-14. In Kimble (ed.) *Proc. of the 8th International Soil Management Workshop: Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use*. May 1993. USDA-SCS, National Soil Survey, Lincoln, NE.
- Pierzynski, G.M., Sims, J.T. and Vance, G.F. 1994. *Soils and Environmental Quality*. Lewis/CRC Press, Boca Raton, FL.
- Pozdnyakova, L. and Zhang, R. 1999. Geostatistical Analyses of Soil Salinity in a Large Field Precision Agriculture, 1(2), 153-165.
- Pulleman, M.M., Bouma, J., van Essen, E.A. and Meijles, E.W. 2000. Soil Organic Matter Content as a Function of Different Land Use History. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 689-693.
- Rasse, D.P., Smucker, A.J.M. and Santos, D. 2000. Alfalfa Root and Shoot Mulching Effects on Soil Hydraulic Properties and Aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 725-731.
- Reynolds, W.D., Bowman, B.T., Drury, C.F., Tan, C.S. and Lu, X. 2002. Indicators of Good Soil Physical Quality: Density and Storage Parameters. *Geoderma*, 110, 131-146.
- Rhoades, J.D. 1986. Soluble Salts. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part II, Chemical and Microbiological Properties (Second edition), pp: 167-179. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no. 9, Madison, WI.
- Riffaldi, R., Saviozzi, A., Levi-Minzi, R. and Menchetti, F. 1994. Chemical Characteristics of Soil After 40 Years of Continuous Maize Cultivation. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 49, 239-245.
- Robertson, G.P., Klingensmith, K.M., Klug, M.J., Paul, E.A., Crum, J.R. and Ellis, B.G. 1997. Soil Resources, Microbial Activity and Primary Production Across an Agricultural Ecosystem. *Ecol. Appl.*, 7(1), 158-170.

- Sanchez-Maranon, M., Soriano, M., Delgado, G. and Delgado, R. 2002. Soil Quality in Mediterranean Mountain Environments: Effects of Land Use Change. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 948-958.
- Sparling, G.P. and Schipper, L.A. 2002. Soil Quality at a National Scale in New Zealand. *Journal of Environmental Quality*, 31, 1848-1857.
- Subbian, P., Lal, R. and Subramanian, K.S. 2000. Cropping Systems Effects on Soil Quality in Semi-Arid Tropics. *J. Sust. Agric.*, 16, 7-38.
- Sun, B., Zhou, S. and Zhao, Q. 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.
- Sylla M., Stein, A., van Breemen, N. and Fresco, L.O. 1995. Spatial Variability of Soil Salinity at Different Scales in the Mangrove Rice Agro-ecosystem in West Africa. *Agric Ecosyst. Environ.*, 54:1-15.
- Tanji, K.K. (ed.). 1996. *Agricultural Salinity Assessment and Management*, ASCE, New York, NY.
- Thornley, J.H.M. and Johnson, I.R. 1990. *Plant and Crop Modeling - A Mathematical Approach to Plant and Crop Physiology*, Clarendon Press, Oxford, UK.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J. and Uehara, G. 1985. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Agronomy*, 38, 65-91.
- Trangmar, B.B., Yost, R.J., Wade, M.K., Uehara, G. and Sudjadi, M. 1987. Spatial Variation of Soil Properties and Rice Yield on Recently Cleared Land. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 668-674.
- Triantafilis, J., Odeh, I.O.A. and McBratney, A.B. 2001. Five Geostatistical Models to Predict Soil Salinity from Electromagnetic Induction Data Across Irrigated Cotton, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 869-878.
- Tsegaye, T. and Hill, R.L. 1998. Intensive Tillage Effects on Spatial Variability of Soil Test, Plant Growth and Nutrient Uptake Measurement. *Soil Sci.*, 163, 155-165.
- Tyler, D.D. 1985. Soil Sampling in No-Tillage Cropping. *Better Crops Plant Food*, 69, 6-27.
- Ugolini, D.C. and Edmonds, R.L. 1983. Soil biology. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F. (eds.), *Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions*, vol. 1. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 193-231.
- Upchurch, R.D. and Edmonds, W.J. 1991. Statistical Procedures for Specific Objectives p. 49-71. In: *Spatial Variabilities of Soils and Landforms* Editors: Mausbach, M.J. and Wilding, L.P., Soil Sci. Soc. of Am., Inc, Madison Wisconsin, USA.
- Utset, A., Ruiz, M.E., Herrera, J. and de Leon, D.P. 1998. A geostatistical Method for Soil Salinity Sample Site Spacing. *Geoderma*, 86, 143-151.

- van Es, H.M., Ogden, C.B., Hill, R.L., Schindelbeck, R.R. and Tsegaye, T. 1999. Integrated Assessment of Space, Time and Management-Related Variability of Soil Hydraulic Properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1599-1608.
- Vieira, S.R. and Gonzalez, A.P. 2003. Analysis of the Spatial Variability of Crop Yield and Soil Properties in Small Agricultural Plots. *Bragantia*, Campinas, 62(1), 127-138.
- Vieira, S.R., Hatfield, J.L., Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1983. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. *Hilgardia*, 51(3), 1-75.
- Voltz, M. and Webster, R. 1990. A Comparison of Kriging, Cubic Splines and Classification for Predicting Soil Properties from Sample Information. *J. Soil Sci.*, 41, 473-490.
- Walter, C., McBratney, A.B., Douaoui, A. and Minasny, B. 2001. Spatial Prediction of Topsoil Salinity in the Chelif Valley, Algeria, Using Local Ordinary Kriging with Local Variograms Versus Whole-Area Variogram. *Australian J. Soil Research*, 39(2), 259-272.
- Wang, C., Walker, B.D. and Rees, H.W. 1997. Establishing a Benchmark System for Monitoring Soil Quality in Canada. *In*: E.G. Gregorich and M.R. Carter (eds.), *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*, pp. 323-337. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.
- Warkentin, B.P. 1995. The Changing Concept of Soil Quality. *J. Soil Water Conserv.*, 50, 226-228.
- Warrick, A.W., Myers, D.E. and Nielsen, D.R. 1986. Geostatistical Methods Applied to Soil Science. p. 53-82. *In*: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 1*. 2nd Ed. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Webster, R. 1985. Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field. *Adv. Soil Sci.*, 3:1-70.
- Webster, R. 2001. Statistics to Support Soil Research and Their Presentation. *European J. Soil Sci.*, 52, 331-340.
- Webster, R. and Oliver, M.A. 1990. *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*. Oxford University Press, Oxford.
- Webster, R. and Oliver, M.A. 1992. Sample Adequately to Estimate Variograms of Soil Properties. *Journal of Soil Science*, 43, 583-595.
- Wilding, L.P. and Drees, L.R. 1983. Spatial Variability and Pedology. *In*: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F. (eds.), *Pedogenesis and Soil Taxonomy: Concepts and Interactions*, vol. 1, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 83-116.
- Wollenhaupt, N.C., Mulla, D.J. and Gotway Crawford C.A. 1997. Soil Sampling and Interpolation Techniques for Mapping Spatial Variability of Soil Properties. p. 19-53. *In*: F.J. Pierce and E.J. Sadler (ed.) *The State of Site Specific Management for Agriculture*. American Society of Agronomy, Madison, WI.

- Yetgin, B. 2004. Toprak Fiziksel Özelliklerinin Uzaysal Değişkenliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 94 sayfa, Tokat.
- Yost, R.S., Uehara, G. and Fox, R.L. 1982. Geostatistical Analysis of Soil Chemical Properties of Large Land Areas: I. Semivariograms. Soil Sci. Soc. Am. J., 46, 1028-1032.
- Zaslavsky, D. and Rogowski, A.S. 1969. Hydrologic and Morphologic Implications of Anisotropy and Infiltration in Soil Profile Development. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 594-595.
- Zelege, T.B. and Si, B.C. 2005. Scaling Relationships between Saturated Hydraulic Conductivity and Soil Physical Properties. Soil Science Society of American Journal, 69, 1691-1702.

EKLER

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları

EK 2 Analiz Sonuçlarının İfadesinde Kullanılan Nokta İsimlerinin Arazideki Konumlarını Gösterir Kroki

EK 3 Araziye Ait Parsel İsim ve Alan Bilgilerini Gösterir Kroki

EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
P1	56.68	35.60	7.72	1.29	34.75	25.11	1.162	30.00*	8.04	0.35	3.01
P2	59.66	28.48	11.86	1.27	35.57	27.46	6.226	19.00	7.91	0.44	4.11*
P3	69.64	24.81	5.54	1.31	33.64	30.50	1.883	25.00	7.76	0.47	1.84
P4	55.95	34.98	9.07	1.33	33.06	24.19	0.655	21.00	7.90	0.37	2.25
P5	62.67	26.00	11.33	1.34	37.38	30.83	0.541	15.00	7.94	0.55	2.09
P6	74.56	19.59	5.85	1.24	39.35	32.96	0.479	33.00*	8.09	0.42	2.19
P7	66.65	26.82	6.52	1.24	35.89	30.67	Belirlenemedi	22.00	7.86	0.36	2.13
P8	51.63	34.25	14.12	1.41	29.22	24.82	0.118	24.00	7.96	0.40	2.53
P9	54.22	29.74	16.05	1.25*	30.97	25.81	2.603	26.00	7.96	0.38	3.02
P10	68.79*	22.34	8.87	1.27	37.48	32.29*	0.022	27.00	7.95	0.57	2.53
P11	63.57	30.11	6.32	1.26	31.90	26.36	1.463	20.00*	7.52*	0.24	2.01
P12	39.87	32.67	27.46	1.36	25.81	17.39*	1.613	24.00	7.88	0.27	2.14
P13	50.92	32.24	16.84	1.43	29.50	21.47	0.780	24.00	7.42	0.34	1.98
P14	46.10	32.39	21.50	1.50	30.55	22.83	0.454	21.00	8.11*	0.36	2.31
P15	51.65	33.65	14.70	1.25	34.52	26.10	1.837	35.00	8.31	0.37	3.04
P16	55.56	40.73	3.71	1.33	31.19	27.42	1.658	35.00	8.15*	0.32	3.16
P17	40.46	34.70	24.84	1.28	29.60	18.97	0.062	32.00	7.60	0.25	2.43
P18	52.46	29.47	18.06	1.14*	34.45	25.32	0.695	13.00*	7.66	0.27	2.60
P19	63.50*	25.78	10.72*	1.36	36.09	31.44*	3.702	24.00	7.70	0.37	2.70
P20	68.72	25.72	5.55	1.19	40.28	31.66	0.822	23.00	7.89	0.42	2.37
P21	51.28	38.01	10.71	1.37	31.99	25.05	10.968	40.00*	7.37*	0.41	3.64
P22	53.69	28.30	18.01	1.52*	28.96	21.71	18.579*	32.00	7.88	0.23	2.33
P23	61.27	31.78	6.95	1.20	35.58	26.79	0.483	28.00	7.56*	0.41	2.52
P24	58.44	32.40	9.16*	1.36	34.82	25.50	1.853	24.00	7.91	0.39	2.48
P25	66.78	26.57	6.65	1.17	38.07	29.89	2.747	31.00	7.93	0.39	3.32
P26	37.65	43.47	18.89	1.44	26.34	19.79	0.644	27.00	8.15*	0.38	2.62
P27	49.37	33.36	17.26	1.27	33.30	23.78	0.051	30.00	7.97	0.48	1.95
P28	51.74	30.72	17.54	1.20	33.90	25.76	0.040	29.00	7.94	0.20	1.96

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
P29	59.08*	25.56	15.36	1.17	32.04	26.02	0.312	28.00	7.97	0.20	1.62
P30	61.48	32.38	6.14	1.21	33.48	27.20	0.353	26.00	7.97	0.23	1.14*
P31	57.14	30.76	12.09	1.39*	32.04	23.71*	37.764*	26.00	8.26	0.24	1.99
P32	78.72	18.12	3.16*	1.22	37.19	29.79	0.183	26.00	8.27	0.30	1.68
P33	62.63	29.66	7.71	1.27	32.92	26.58	8.516	23.00	7.75	0.46	2.69
P34	62.19	30.11	7.70	1.32	34.04	30.74*	2.909	21.00	8.25*	0.34	2.66
P35	40.42	32.12	27.46	1.34	28.18	22.75	0.017	30.00	7.96	0.23	2.15
P36	50.89	25.53	23.57	1.23	32.74	24.27	0.028	26.00	7.94	0.22	1.73
P37	54.91	25.78	19.31	1.14	37.84	23.07	0.432	26.00	8.07	0.30	1.41
P38	54.27	28.66	17.07	1.20	35.24	24.85	0.061	26.00	7.83	0.21	1.83
P39	35.85*	37.34	26.80*	1.55*	25.64*	18.42*	13.540*	29.00	8.10	2.55*	1.59*
P40	64.79	28.75	6.45	1.16	32.22	27.85	0.463	27.00	7.69	0.43*	1.23*
P41	62.89	27.66	9.45	1.36	32.30	29.10	0.030	30.00	7.61	1.27	1.34*
P42	56.51	32.30	11.19	1.33	31.58	23.50	0.140	26.00	8.02	0.31	1.76
P43	39.62	31.41	28.96	1.41	28.26	19.09	Belirlenemedi	40.00*	7.83	0.31	1.53
P44	18.10*	19.22*	62.68*	1.48	21.20*	15.06*	0.169	25.00	7.94	0.20	1.53
P45	38.66	32.53	28.81	1.45	31.56	22.01	0.010	22.00	7.97	0.23	1.75
P46	45.29	33.61	21.09	1.32	29.97	21.52	0.108	28.00	7.96	0.25	2.11
P47	49.97	36.06	13.98	1.16	31.24	23.37	0.047	29.00	8.02	0.26	1.50
P48	63.56	27.87	8.57	1.07	38.75	29.58	0.286	28.00	8.03	0.40	3.10
P49	33.24	50.10	16.66	1.38	30.94	19.26	0.332	24.00	7.40	3.23*	1.58
P50	36.07	43.34	20.59	1.63*	33.08*	20.80	0.036	32.00	8.04*	0.32*	1.58
P51	43.08	44.05	12.86	1.38	31.24	24.86*	0.181	27.00*	7.98	0.23*	4.02*
P52	24.73	47.72	27.55	1.41	25.24	16.20	0.008	25.00*	7.90	0.28	1.96
P53	46.70	33.22	20.08	1.27*	30.19	21.97	1.312	24.00	7.93	0.21	1.88
P54	46.10	39.39	14.51	1.35	29.55	23.74	0.102	23.00	7.77	0.24	2.10
P55	56.27	31.78	11.95	1.50*	32.14	24.43	0.004	20.00*	7.74	0.24	1.76
P56	49.41	32.70	17.89	1.28	33.05	24.76	0.869	24.00	8.05	0.35	2.02*

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
P57	41.14	52.95	5.91*	1.32	32.49	24.05	0.984	30.00	7.82	0.89	2.00
P58	37.86	45.07	17.06	1.40	28.95	22.64	0.205	20.00*	8.07*	0.44	2.12
P59	42.07	49.63	8.30*	1.28*	30.72	26.99*	1.380	33.00	7.61	0.25	3.13
P60	38.62	36.69	24.70	1.40	28.81	21.00	2.375	30.00	7.55	0.31	2.70
P61	52.74	26.46	20.80	1.36	30.97	25.72	0.272	24.00	8.17	0.38	1.55*
P62	53.66	31.05	15.29	1.27	32.69	25.80	0.786	20.00*	7.93	0.24	1.67
P63	40.17	33.29	26.54	1.38	29.55	25.24	0.006	22.00*	7.47*	0.97	2.50
P64	32.79	54.54	12.67	1.31	24.69	18.62	0.071	30.00	7.80	0.41	2.24
P65	43.28	49.47	7.24	1.34	31.05	25.36	0.599	30.00	7.79	1.19*	1.81
P66	33.48	44.16	22.36	1.46	27.47	17.84	2.911	38.00	7.95	0.40	1.58
P67	39.22	30.49	30.28	1.41	27.41	21.63	0.970	23.00*	7.68	0.33	2.94
P68	50.58	30.24	19.18	1.37	31.41	21.68	5.361	30.00	7.53*	0.29	1.44*
P69	41.48	39.24	19.28	1.36	29.28	23.03	0.206	30.00	7.89	0.27	1.55*
P70	40.04	52.91	7.05	1.27	28.34	24.52	0.241	30.00	7.81*	0.46	2.73
P71	48.94	30.85	20.21	1.46*	29.50	25.19	0.083*	27.00	7.44*	0.39	1.68*
P72	44.75	53.48	1.78*	1.31	29.45	23.70	40.081*	27.00	7.51	0.49	2.72
P73	50.40	41.59	8.00	1.16*	29.29	26.54	Belirlenemedi	28.00	7.95	0.33	2.32
P74	56.74	33.90	9.36	1.25	36.41*	28.99	2.181*	31.00	8.12	0.30	2.00
T1-5	66.55	27.66	5.79	1.12	38.85	31.75	0.678	26.00	8.09	0.40	1.87
T1-15	66.84	25.64	7.52	1.21	39.29	32.60	0.036	28.00	8.01	0.46	1.72
T1-35	70.49	24.73	4.77	1.31	36.90	34.26	0.636	24.00	8.12	0.36	1.77
T1-65	72.00	22.46	5.54	1.28	37.90	32.85	0.304	33.00	7.99	0.30	1.78
T1-105	69.28	25.23	5.49	1.23	40.51	32.82	0.363	33.00	8.02	0.37	1.99
T1-215	71.04	25.34	3.62	1.33	40.15	33.78	0.239	28.00	7.95	0.40	2.04
T1-295	66.70	26.27	7.02	1.22	40.13	32.77	0.371	19.00	7.90	0.38	1.99
T1-395	66.51	24.99	8.50	1.28	38.02	30.36	0.018	18.00	7.99	0.31	2.33
T2-5	67.22	25.56	7.22	1.38	36.53	29.68	0.537	18.00	7.89	0.37	2.10
T2-15	65.67	26.43	7.91	1.30	35.01	28.90	5.394	18.00	7.84	0.34	1.84

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	HI, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T2-35	68.40	26.40	5.19	1.38	37.50	32.21	0.956	21.00	8.10	0.39	2.27
T2-65	70.72	25.15	4.13	1.26	38.11	31.63	0.696	17.00	8.01	0.38	1.78
T2-105	67.10	27.10	5.79	1.36	37.70	28.53	3.219	23.00*	7.98	0.37	2.10
T2-215	71.95	24.76	3.29	1.35	40.26	31.40	0.035	26.00*	8.03	0.36	1.82
T2-295	69.20	24.55	6.25	1.38	38.65	30.33	0.273	15.00	7.99	0.35	2.24
T2-395	72.40	23.48	4.12	1.25	41.21	33.93	0.359	21.00	7.97	0.37	2.12
T3-5	67.28	26.38	6.34	1.14	38.33	36.82	1.282	20.00	7.99	0.38	2.01
T3-15	67.63	25.42	6.95	1.23	39.35	32.77	0.362	26.00	7.94	0.39	2.01
T3-35	65.79	26.60	7.62	1.19	39.77	34.84	0.374	27.00	8.00	0.32	1.94
T3-65	70.49	21.41	8.09	1.15	39.93	32.82	0.027	21.00	7.90	0.33	2.06
T3-105	63.20	29.00	7.80	1.23	38.83	30.12	0.169	22.00	7.74	0.46	2.26
T3-215	63.50	28.78	7.72	1.30	39.07	28.89	0.242	24.00	7.94	0.38	2.09
T3-295	60.28	27.57	12.15	1.40*	36.43	29.02	0.021	25.00	7.93	0.38	2.18
T3-395	51.03	24.03	24.93*	1.27	35.05	25.36	0.012	32.00*	7.91	0.42	2.11
T4-5	48.18	30.77	21.05	1.50	28.55	22.44	0.013	19.00	7.72	0.50	2.18
T4-15	50.04	30.57	19.39	1.43	29.77	22.24	0.939	22.00	7.61	0.46	2.21
T4-35	49.66	32.50	17.83	1.44	29.95	23.51	0.068	12.00*	7.51	0.41	2.26
T4-65	50.43	31.90	17.67	1.45	29.50	23.18	0.327	17.00	7.53	0.41	2.04
T4-105	57.09	28.63	14.27	1.47	33.28	24.86	Belirlenemedi	19.00	7.57	0.34	1.91
T4-215	45.53	29.38	25.09	1.50	28.64	21.25	0.266	21.00	7.61	0.33	2.05
T4-295	38.66	32.36	28.98*	1.62	25.27	18.57	0.111	23.00	7.64	0.25	1.93
T4-395	45.04	30.14	24.82	1.52	28.42	19.98	0.013	22.00	7.46	0.26	1.86
T5-5	58.94	37.21	3.85	1.29	31.66	25.22	3.459	37.00*	7.85	0.39	2.85
T5-15	54.95	38.95	6.10	1.36	30.11	25.32	1.168	35.00	7.74	0.40	3.03
T5-35	53.69	40.19	6.13	1.22	31.10	25.26	12.346	35.00	7.78	0.37	2.75
T5-65	59.15	37.85	3.00*	1.31	31.91	25.65	8.990	36.00	7.84	0.34	2.31*
T5-105	55.08	36.52	8.40	1.28	31.66	25.49	24.753*	34.00	7.53*	0.43	3.19
T5-215	56.38	23.70*	19.91*	1.26	32.33	24.93	4.576	34.00	8.07	0.52	2.73

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T5-295	57.75	33.45	8.79	1.32	32.61	25.40	6.109	33.00	8.15	0.38	3.29
T5-395	49.93	35.90	14.17	1.28	31.66	24.42	2.432	34.00	8.09	0.42	3.14
T6-5	44.10	33.15	22.75	1.27	28.38	23.40	1.302	28.00	7.91	0.23	1.99
T6-15	48.23	29.05	22.72	1.18*	27.54	22.66	2.147	25.00	7.77	0.22	2.23
T6-35	46.11	29.67	24.23	1.32	28.78	23.47	0.035	31.00	7.66	0.23	2.28
T6-65	39.16	28.24	32.59*	1.40	24.84	18.11	2.037	26.00	7.79	0.18	1.63
T6-105	46.07	29.21	24.72	1.35	29.47	22.89	1.737	34.00	7.93	0.21	1.83
T6-215	57.13	27.92	14.95	1.25	30.18	26.70	0.049	32.00	7.86	0.21	2.50
T6-295	55.56	29.32	15.13	1.20	33.37	26.98	0.073	19.00*	7.87	0.21	2.69
T6-395	42.53	30.64	26.83	1.44*	27.17	20.98	0.193	25.00	7.86	0.21	2.15
T7-5	46.99	30.20	22.80	1.40	30.94	22.17	0.516	17.00	7.93	0.32	2.48
T7-15	50.20	29.88	19.91	1.41	31.13	22.00	0.211	19.00	7.87	0.62	2.64
T7-35	52.94	31.00	16.06	1.46	32.16	23.72	0.021	16.00	7.78	0.60	2.22
T7-65	56.90	29.72	13.38	1.41	35.48	25.74	0.022	24.00	7.98	0.48	2.45
T7-105	54.12	31.68	14.20	1.38	32.68	24.90	0.009	24.00	7.81	0.42	2.68
T7-215	49.53	32.68	17.79	1.48	29.41	23.95	0.539	19.00	7.88	0.30	2.69
T7-295	40.35	32.39	27.26	1.46	27.79	21.63	0.170	19.00	7.81	0.41	2.40
T7-395	41.45	31.57	26.99	1.28	28.85	21.12	0.023	14.00*	7.81	0.49	2.05
T8-5	66.24	29.41	4.34	1.23	39.51	32.74	4.139	16.00	8.00	0.42	2.72
T8-15	62.63	25.67	11.70	1.10*	38.13	30.97	0.599	19.00	7.95	0.33	2.51
T8-35	58.04	25.53	16.43	1.27	37.69	29.86	0.569	21.00	7.93	0.42	2.69
T8-65	53.33	25.32	21.35	1.22	37.68	27.45	3.660	27.00	7.91	0.43	3.44
T8-105	46.71	29.35	23.94	1.21	37.22	25.62	4.180	23.00	7.88	0.39	3.04
T8-215	58.93	29.66	11.42	1.33	34.37	29.55	1.337	24.00	7.86	0.39	2.58
T8-295	51.66	27.07	21.27	1.24	33.22	25.41	8.223	23.00	7.89	0.28	2.29
T8-395	51.55	27.02	21.43	1.27	35.11	24.79	5.322	25.00	7.89	0.34	2.44
T9-5	44.82	32.02	23.16	1.31	33.92	21.93	11.448*	21.00	7.76	0.34	2.65
T9-15	46.76	30.52	22.72	1.26	34.15	22.19	0.593	18.00	7.86	0.34	2.81

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T9-35	44.44	36.36	19.20	1.22	34.45	22.77	0.170	13.00*	7.86	0.51	2.86
T9-65	52.58	29.74	17.68	1.24	35.02	24.09	1.245	19.00	7.86	0.51	3.04
T9-105	47.15	36.97	15.88	1.27	33.79	23.40	2.077	22.00	7.82	0.42	3.17
T9-215	51.72	29.87	18.41	1.28	35.72	22.11	0.756	25.00	7.88	0.35	2.34
T9-295	43.29	28.92	27.79*	1.22	34.62	20.81	0.542	22.00	7.88	0.31	2.41
T9-395	58.00	28.29	13.71	1.28	35.86	24.68	0.175	28.00	7.88	0.30	2.23
T10-5	32.26	40.86	26.88	1.42	27.29	18.39	0.354	31.00	8.11*	0.35	2.55
T10-15	36.60	39.53	23.88	1.39	25.95	18.55	0.539	28.00	7.62	0.32	2.08
T10-35	34.86	41.39	23.75	1.33	27.38	18.84	0.429	33.00	7.42	0.29	1.96
T10-65	33.76	39.41	26.84	1.34	26.22	17.57	19.733*	27.00	7.41	0.35	1.81
T10-105	36.13	38.64	25.23	1.48*	26.27	18.66	0.341	30.00	7.46	0.33	1.51*
T10-215	52.91	36.50	10.59	1.27	33.05	25.91	0.203	33.00	7.80	0.39	2.25
T10-295	59.44	29.31	11.25	1.28	35.71	27.49	1.845	30.00	7.63	0.36	2.14
T10-395	68.70	23.00	8.30	1.26	34.89	28.35	0.744	34.00	7.77	0.32	2.45
T11-5	77.21	17.72	5.07	1.23	39.10	32.84	0.020	24.00	8.29	0.24	1.82
T11-15	78.40	18.54	3.06*	1.15	41.41	34.58	0.176	28.00	8.35	0.27	2.02
T11-35	78.96	17.80	3.24*	1.01*	40.77	34.36	2.627	29.00	8.41*	0.27	1.99
T11-65	78.75	16.39	4.86*	1.05	41.50	34.57	2.245	24.00	8.37	0.27	1.94
T11-105	76.78	20.92	2.30*	1.06	41.49	33.24	3.210	26.00	8.39	0.27	2.12
T11-215	75.75	19.82	4.43*	1.15	40.10	32.60	0.132	24.00	8.27	0.24	2.04
T11-295	71.91	25.24	2.84	1.19	38.35	31.72	0.166	28.00	8.37	0.26	1.80
T11-395	69.15	23.95	6.90	1.30*	35.80	29.99	1.802	29.00	8.31	0.26	1.99
T12-5	54.62	35.87	9.51	1.31	34.08	24.37	1.882	18.00	7.56	0.31	2.17
T12-15	58.84	31.25	9.91	1.28	34.26	23.91	0.032	18.00	7.78	0.31	2.38
T12-35	59.44	31.57	9.00	1.21	33.42	26.06	1.775	20.00	7.82	0.34	2.79
T12-65	67.56	26.02	6.43	1.17	36.11	29.44	0.052	23.00	7.66	0.29	2.75
T12-105	63.45	29.08	7.47	1.23	37.14	29.99	0.269	21.00	7.60	0.33	2.73
T12-215	71.12	22.77	6.11	1.25	34.82	30.12	0.280	27.00	8.27*	0.32	2.61

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T12-295	70.27	24.67	5.06	1.25	37.37	29.05	0.151	26.00	8.07*	0.71	3.00
T12-395	63.09	31.95	4.96	1.23	36.37	28.78	0.859	18.00*	7.73	0.33	2.64
T13-5	51.50	26.43	22.07	1.31*	32.94	26.42	0.014	30.00	8.16	0.24	1.22*
T13-15	55.85	25.13	19.03*	1.15	34.75	26.90	0.731	30.00	7.93	0.17	1.43
T13-35	50.82	30.59	18.59*	1.20	35.14	27.39	0.032	25.00	7.93	0.16	1.33
T13-65	55.43	24.31	20.25	1.20	32.28	27.51	0.021	27.00	7.91	0.17	1.47
T13-105	49.04	31.68	19.28	1.17	35.34	28.04	0.027	30.00	7.99	0.17	1.17
T13-215	56.67	25.45	17.88*	1.33*	34.06	27.39	0.012	26.00	7.97	0.16	1.25
T13-295	50.74	31.02	18.25*	1.19	35.11	26.90	0.013	33.00*	7.94	0.17	1.44
T13-395	54.26	25.32	20.42	1.23	33.07	25.78	1.744	24.00	7.91	0.17	1.99
T14-5	44.38	27.66	27.96	1.15	33.49	26.44	0.038	24.00	8.05	0.23	1.73
T14-15	50.60	24.39	25.01	1.25	34.32	25.55	0.034	26.00	8.08	0.23	1.49
T14-35	46.12	26.37	27.51	1.26	33.58	26.18	0.017	25.00	8.08	0.27	1.59
T14-65	51.07	20.96	27.97	1.19	36.82	26.46	0.096	30.00	8.13	0.32	1.67
T14-105	47.22	24.29	28.49	1.14	29.48	26.74	0.299	28.00	8.17	0.30	1.70
T14-215	50.50	22.22	27.28	1.06*	32.01	25.70	0.148	29.00	7.97	0.21	1.68
T14-295	34.33*	25.18	40.48*	1.39*	28.62	21.26	0.026	28.00	8.00	0.20	1.66
T14-395	41.92	28.24	29.83	1.37	29.21	23.54	0.011	26.00	8.01	0.20	2.23
T15-5	44.24	32.87	22.88*	1.17	31.86	26.26	0.036	30.00	7.86	0.18	1.96
T15-15	51.72	27.98	20.30	1.17	31.09	25.83	0.262	26.00	7.88	0.18	1.89
T15-35	45.25	32.54	22.20	1.17	29.98	26.16	0.233	23.00	7.85	0.19	1.36
T15-65	51.83	27.36	20.81	1.19	30.03	26.20	0.036	28.00	7.87	0.18	1.17*
T15-105	45.54	31.04	23.42	1.12	31.00	25.83	0.242	25.00	7.81	0.17	1.49
T15-215	49.19	27.54	23.26	1.20	34.97	25.31	0.023	30.00	7.89	0.18	1.46
T15-295	43.81	30.66	25.54	1.12	28.62	25.58	1.078	32.00	7.90	0.19	1.42
T15-395	50.36	25.48	24.16	1.14	29.48	19.24*	0.366	30.00	7.82	0.21	1.71
T16-5	44.29	28.66	27.05	1.18	33.23	26.62	0.079	31.00	7.91	0.20	1.57
T16-15	49.86	23.48	26.66	1.22	32.77	26.34	0.021	30.00	7.92	0.20	1.33

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T16-35	43.27	28.69	28.03	1.19	32.29	26.52	0.023	31.00	7.92	0.21	1.34
T16-65	47.52	25.50	26.97	1.21	30.28	25.40	0.029	27.00	7.82	0.23	1.67
T16-105	43.27	27.63	29.10	1.25	30.53	24.68	0.013	28.00	7.94	0.20	1.76
T16-215	47.57	24.47	27.96	1.22	29.47	26.08	0.020	24.00	7.88	0.23	1.80
T16-295	41.19	28.72	30.09	1.31	30.07	25.65	0.021	26.00	7.84	0.27	1.51
T16-395	43.14	23.31	33.56	1.39	28.87	23.80	0.024	30.00	7.92	0.25	1.73
T17-5	29.55	53.50	16.95	1.33	24.54	21.06	28.309*	28.00	7.44	4.55*	1.42
T17-15	29.85	54.05	16.09	1.39	24.69	21.34	0.133	37.00*	7.36*	6.07*	1.41
T17-35	25.70	45.74	28.57*	1.33	26.41	15.57	0.249	30.00	7.48	1.48*	1.32*
T17-65	33.35	51.52	15.12	1.26	29.77	20.58	0.045	35.00	7.43	3.56	1.56
T17-105	25.56	40.33	34.11*	1.32	25.16	15.84	0.042	36.00	7.58	0.94*	1.44
T17-215	28.70	36.23	35.07*	1.39	23.48	16.98	0.522	30.00	7.48	2.67	2.15
T17-295	22.44	27.89*	49.67*	1.52	20.78	14.69	0.247	27.00	7.41	2.98	1.99
T17-395	6.96**	51.76*	41.28*	1.53	20.26	14.31	0.616	30.00	7.50	3.35*	1.23*
T18-5	25.59	43.77	30.64	1.31	24.88	17.10	0.609	30.00*	7.98	0.25	1.94
T18-15	27.60	43.39	29.01	1.38	24.91	16.53	6.132*	38.00	8.11	0.23	2.09
T18-35	25.48	50.52	24.00	1.40	23.62	17.44	1.003	39.00	7.96	0.31	1.97
T18-65	29.70	45.50	24.80	1.42	24.00	17.88	0.160	36.00	8.11	0.25	2.56
T18-105	31.97	43.70	24.33	1.37	27.35	19.62	2.463*	25.00*	8.01	0.25	2.46
T18-215	31.77	47.57	20.66	1.38	26.43	19.48	1.602	30.00	8.07	0.44	2.36
T18-295	21.25	43.08	35.67*	1.44	21.79	16.61	1.413	36.00	7.93	0.52	3.32
T18-395	25.54	46.49	27.98*	1.46	25.06	17.13	0.042	33.00	8.05	0.36	2.34*
T19-5	55.55	30.67	13.78	1.02	36.66	32.55	0.015	26.00	7.91	0.39	5.73*
T19-15	61.59	28.23	10.18	1.13	36.55	32.89	0.099	24.00	7.93	0.38	5.36*
T19-35	50.67	34.71	14.62	1.20*	35.54	31.72	6.331*	22.00	7.93	0.39	4.90*
T19-65	60.04	31.85	8.11	1.16	35.37	34.42	0.643	25.00	8.26	0.85	4.18*
T19-105	55.56	35.94	8.50	1.25*	35.55	31.44	0.010	28.00	8.27	0.66	3.97
T19-215	54.44	38.65	6.91	1.13	42.22	35.01	0.014	27.00	8.47*	1.19	4.25*

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	Hİ, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T19-295	45.69	41.41	12.90	1.14	39.66	32.10	0.016	27.00	7.60*	0.39	4.07
T19-395	53.96	39.06	6.98	1.22	35.24	28.88	0.107	27.00	7.76*	0.33	2.91
T20-5	25.59	57.97	16.44	1.30	30.22	20.52	0.237	25.00	7.30*	4.59*	1.26*
T20-15	31.83	52.56	15.61*	1.29	30.16	19.75	1.555	27.00	7.47	3.58*	1.39*
T20-35	28.88	53.88	17.25*	1.26	25.55	19.99	0.462	28.00	7.40*	3.42	1.96
T20-65	30.42	46.80	22.78	1.29	29.90	19.64	0.521	28.00	7.49	2.39	2.10
T20-105	39.50	47.87	12.63*	1.28	28.64	23.43	0.625	30.00	7.55	1.90	1.83
T20-215	45.78	41.59	12.63*	1.21	30.52	25.89	4.429	28.00	7.73	0.46	2.25
T20-295	31.90	46.44	21.66	1.31	30.23	21.21	Belirlenemedi	27.00	7.74	0.51	2.49
T20-395	34.15	44.59	21.25	1.39	30.90	21.74	2.241	27.00	7.79	1.23	2.86
T21-5	44.50	37.13	18.38	1.33	29.84	25.07	0.017	26.00	7.88	0.23	2.06
T21-15	50.75	33.33	15.92	1.31	30.47	25.50	0.022	28.00	8.00	0.20	1.90
T21-35	46.68	37.58	15.74	1.24	31.56	25.27	0.013	28.00	7.87	0.21	1.78
T21-65	49.76	33.37	16.87	1.18*	31.31	24.68	0.011	29.00	7.87	0.27	2.07
T21-105	46.53	35.38	18.09	1.29	31.43	25.85	0.051	28.00	7.94	0.23	2.06
T21-215	47.67	32.33	20.00	1.33	28.82	24.75	0.016	31.00	7.83	0.23	2.06
T21-295	44.55	35.45	20.00	1.43	28.13	25.09	Belirlenemedi	30.00	7.90	0.25	2.03
T21-395	44.36	33.23	22.41	1.42	27.82	23.67	0.032	32.00	7.87	0.23	2.37
T22-5	58.27	25.56	16.17	1.11*	34.47	27.05	9.689*	26.00	7.89	0.27	1.55
T22-15	61.40	24.47	14.13	1.00*	36.11	26.72	42.840*	27.00	7.88	0.28	1.71
T22-35	57.15	28.72	14.13	1.18	35.21	26.01	2.126	24.00	7.86	0.30	1.81
T22-65	56.79	25.37	17.84	1.34*	31.45	24.36	0.344	27.00	7.90	0.26	1.80
T22-105	53.79	28.63	17.58	1.26	33.94	26.15	0.377	24.00	7.94	0.22	1.47
T22-215	56.97	27.57	15.46	1.14	32.82	26.78	4.745	28.00	7.90	0.32	1.77
T22-295	50.50	32.80	16.70	1.32*	30.70	25.19	2.295	27.00	7.88	0.28	1.88
T22-395	57.89	25.39	17.22	1.21	32.79	27.48	1.866*	26.00	8.00	0.26	1.33
T23-5	49.53	29.25	21.21	1.09*	36.57	27.71	0.193	22.00	7.90	0.24	1.69
T23-15	58.26	24.95	16.79	1.27	33.40	28.00	0.061	29.00	7.79	0.22	1.55

EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	HI, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T23-35	48.72	31.35	19.93	1.27	34.79	28.84	0.370	30.00	7.62	1.73*	1.60
T23-65	55.08	28.32	16.60	1.18	31.27	27.85	5.615	31.00	7.63	1.67*	1.93
T23-105	53.64	28.82	17.54	1.12 *	33.96	29.73	3.126	27.00	7.90	0.36	1.81
T23-215	52.93	24.63	22.44	1.33	30.58	27.12	0.064	28.00	8.05	0.22	1.94
T23-295	41.91	29.76	28.33	1.34	32.47	24.88	0.209	27.00	7.60*	0.23	2.66
T23-395	46.31	25.59	28.10	1.38	31.39	24.68	0.215	27.00	7.92	0.21	2.38
T24-5	27.89	54.28	17.83	1.22	25.54	19.76	2.493*	30.00	7.67	0.37	1.98
T24-15	25.70	54.05	20.25	1.18*	25.95	18.57	28.932*	31.00	7.53*	0.36	1.57*
T24-35	24.75	54.03	21.22	1.28	24.77	18.56	0.800	34.00	7.96	0.64	2.09
T24-65	26.85	53.99	19.16	1.32	24.75	18.67	6.533*	27.00	8.09	0.28	1.83
T24-105	17.27	54.75	27.98	1.34	22.21	15.34	23.389*	29.00	8.12	0.25	1.91
T24-215	25.48	53.32	21.20	1.35	29.22	18.87	8.119*	27.00	7.62*	6.36*	2.09
T24-295	13.03*	65.57*	21.39	1.46	27.37	12.89*	5.347*	10.00*	8.27	1.64*	1.72
T24-395	42.86*	36.55	20.59	1.33	29.37	26.90	5.218*	30.00	8.00	0.45*	2.28
T25-5	26.74	43.66	29.60*	1.35	25.69	19.56	1.121	38.00	7.95	0.42	1.50
T25-15	34.26	48.17	17.57	1.37	27.95	22.10	0.770	34.00	8.06	0.37	1.49
T25-35	38.65	46.32	15.03	1.41	29.21	24.68	0.276	31.00	8.01	0.41	1.67
T25-65	40.59	44.78	14.63	1.25	30.03	23.71	2.666	27.00	8.01	0.38	1.67
T25-105	39.54	45.83	14.63	1.31	29.57	23.76	23.732*	28.00	7.80	0.39	2.07
T25-215	48.23	44.01	7.76	1.33	31.01	26.25	0.266	31.00	8.06	0.43	2.26
T25-295	33.93	57.53*	8.54	1.23	29.56	23.16	0.555	30.00	8.07	0.37	2.20
T25-395	43.53	47.27	9.20	1.34	29.65	25.27	0.226	29.00	8.06	0.38	1.76
T26-5	25.83	54.34	19.83	1.29	23.61	20.27	0.228	31.00	7.78	0.53	1.86
T26-15	26.76	49.95	23.29	1.36	24.11	16.52	0.808	29.00	7.76	0.75	2.47
T26-35	21.54	57.17	21.29	1.35	22.65	15.82	0.075	30.00	7.53	2.33	2.38
T26-65	14.61	57.72	27.68	1.30	23.08	15.36	0.235	30.00	7.49	3.48*	2.85
T26-105	18.11	51.17	30.72*	1.45*	24.89	16.21	0.008	32.00	7.53	1.96*	2.35
T26-215	49.25*	44.84	5.92*	1.34	33.74	24.05	Belirlenemedi	27.00	7.99	0.35*	2.82

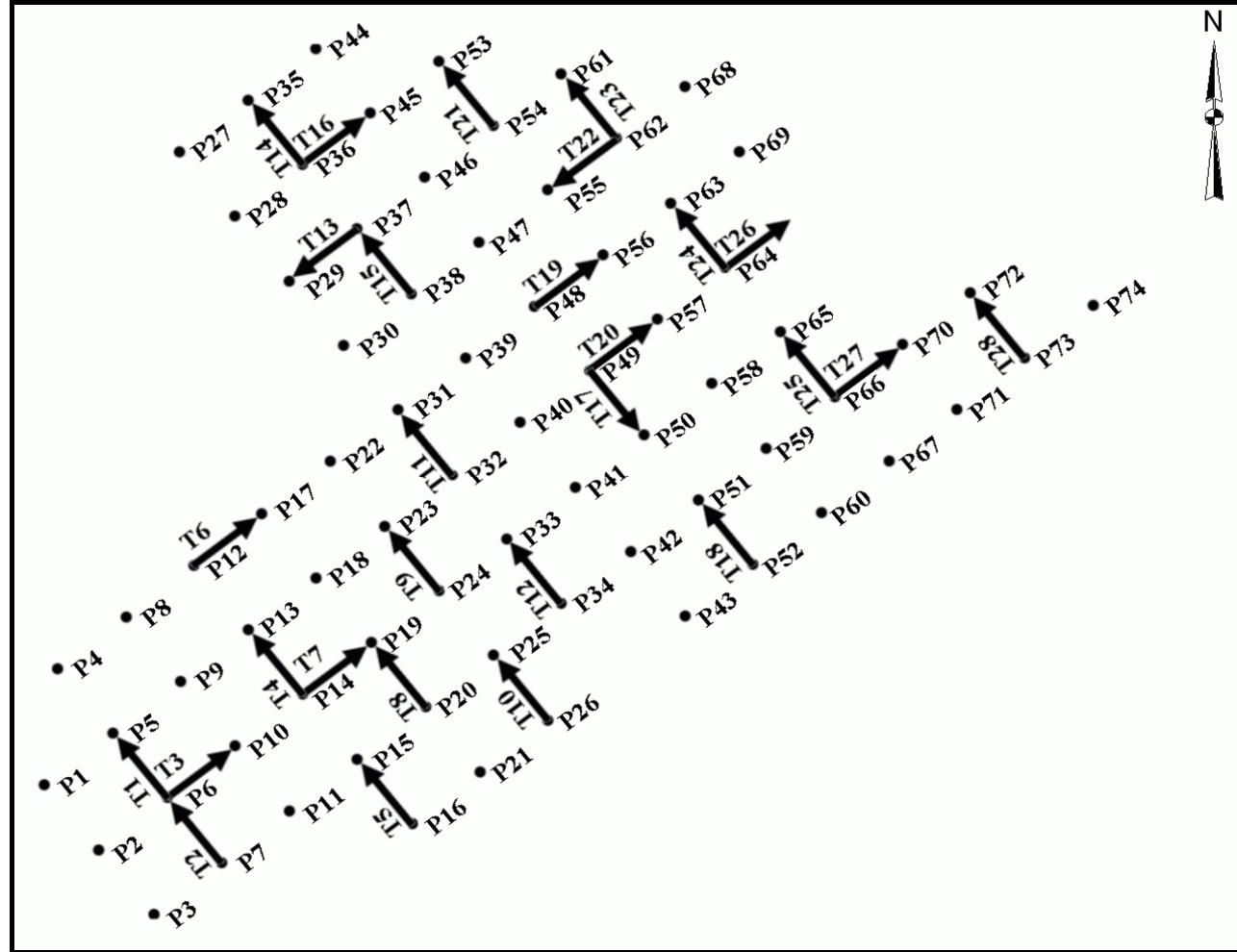
EK 1 Kalite Göstergelerine Ait Analiz Sonuçları (devam)

Nokta No	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, g cm ⁻³	TK, %	SN, %	HI, cm sa ⁻¹	ÜTD, cm	pH	EC, dS m ⁻¹	TOC, %
T26-295	47.43	42.99	9.58	1.29	30.68	27.77	0.385	26.00	8.05	0.33	2.99
T26-395	58.29	33.49	8.22	1.24	35.01	30.03	3.117	28.00	7.85	0.34	3.26
T27-5	28.94	48.02	23.05	1.42	25.97	19.80	0.056	29.00	8.01	0.33	1.81
T27-15	33.08	45.88	21.04	1.84*	26.79	21.92	0.300	30.00	7.85	0.44	1.78
T27-35	34.30	52.41	13.29	1.41	26.12	23.26	0.017	28.00	7.93	0.39	1.62
T27-65	35.31	46.07	18.62	1.35	28.39	21.58	1.161	33.00	8.02	0.38	1.95
T27-105	37.48	45.12	17.40	1.35	26.74	22.64	2.903	34.00	8.06	0.30	2.06
T27-215	43.92	41.81	14.27	1.20	27.47	23.70	4.638	33.00	7.95	0.33	1.65
T27-295	42.91	48.47	8.62	1.28	28.57	25.66	0.671	30.00	7.99	0.34	1.78
T27-395	36.28	48.07	15.65	1.24	30.19	22.75	1.198	34.00	7.93	0.43	2.52
T28-5	46.22	42.28	11.50	1.37	29.17	28.94	20.270	32.00	8.10	0.32	2.51
T28-15	49.28	40.08	10.63	1.25	30.27	27.54	35.647*	26.00	8.06	0.32	1.79
T28-35	45.35	46.71	7.94	1.30	32.30	27.08	Belirlenemedi	28.00	8.03	0.33	1.86
T28-65	49.28	37.97	12.74	1.26	32.23	26.26	37.963	26.00	8.05	0.33	2.32
T28-105	52.50	39.07	8.43	1.29	31.49	30.34	33.659	30.00	8.16	0.41	2.23
T28-215	56.14	38.34	5.52	1.26	33.88	30.58	39.531*	30.00	7.78*	0.37	2.07
T28-295	56.03	38.26	5.72	1.19	32.99	31.24	23.279	29.00	8.07	0.44	2.48
T28-395	49.44	44.44	6.12	1.28	32.53	28.21	7.632	30.00	7.89	0.42	2.36

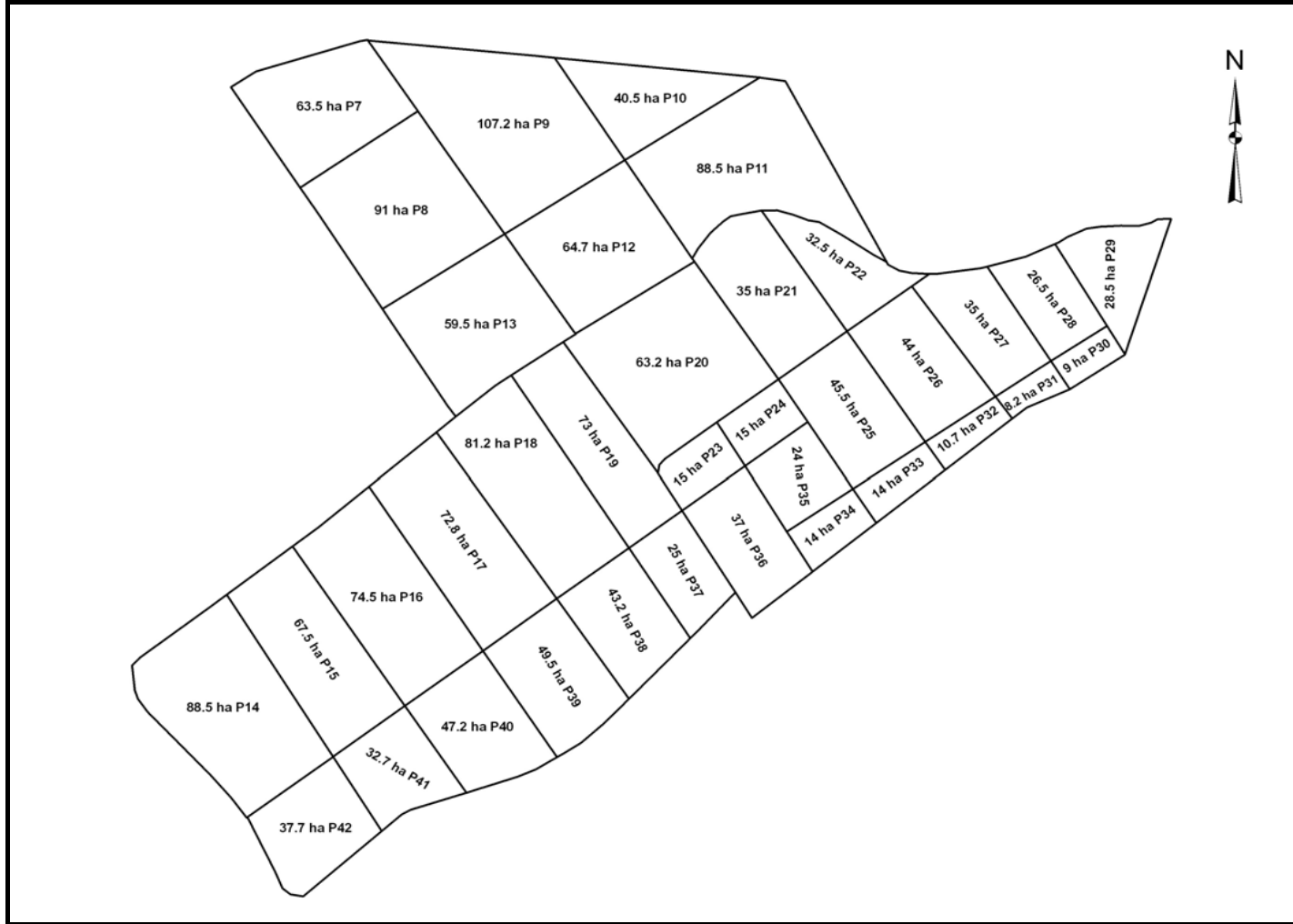
* : Variogram modelinin oluşturulması sırasında değerlendirmeye alınmayan örnek değeri ifade etmektedir.

** : Jeostatistiksel değerlendirmeye alınmayan örnek değeri ifade etmektedir.

EK 2 Analiz Sonuçlarının İfadesinde Kullanılan Nokta İsimlerinin Arazideki Konumlarını Gösterir Kroki



EK 3 Araziye Ait Parsel İsim ve Alan Bilgilerini Gösterir Kroki



EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü

1999-2000 Ekim Dönemi				
Parsel No	Ekilen Bitki	Kullanılan Gübre	Parsel Alanı, ha	Ekilen Alan, ha
7	Buğday	DAP-Üre	63.5	59.7
8	Buğday	DAP-Üre	91.0	91.0
9	Veri yok	Veri yok	107.2	Veri yok
10	Nohut	DAP	40.5	15.0
11	Buğday	DAP-A.Nitrat	88.5	70.0
12	Veri yok	Veri yok	64.7	Veri yok
13	Veri yok	Veri yok	59.5	Veri yok
14	Buğday	DAP-A.Sülfat	88.5	84.0
15	Ayçiçeği	20-20-Üre	67.5	22.5
16	Buğday	DAP-A.Sülfat	74.5	67.4
17	Buğday	DAP-A.Sülfat	72.8	37.5
18	Buğday	DAP-A.Sülfat	81.2	42.6
19	Nohut	DAP	73.0	45.0
20	Ayçiçeği	20-20-Üre	63.2	45.0
21	Buğday	DAP-A.Sülfat	35.0	32.0
22	Mısır	DAP-Üre	32.5	24.0
23	Buğday	DAP-A.Sülfat	15.0	13.7
24	Buğday	DAP-A.Sülfat	15.0	15.0
25	Yonca	DAP	45.5	45.5
26	Ayçiçeği	20-20-Üre	44.0	44.0
27	Buğday	DAP-A.Sülfat	35.0	35.0
28	Ayçiçeği	20-20-Üre	26.5	26.2
29	Buğday	DAP-A.Sülfat	28.5	28.5
30	Ayçiçeği	20-20-Üre	9.0	9.0
31	Ayçiçeği	20-20-Üre	8.2	8.0
32	Ayçiçeği	20-20-Üre	10.7	10.5
33	Ayçiçeği	20-20-Üre	14.0	14.0
34	Ayçiçeği	20-20-Üre	14.0	13.8
35	Buğday	DAP-A.Sülfat	24.0	24.0
36	Ayçiçeği	20-20-Üre	37.0	15.5
37	Nohut	DAP	25.0	24.7
38	Buğday	DAP-A.Sülfat	43.2	42.6
39	Yonca	15-15-Üre	49.5	49.5
40	Yonca	15-15-Üre	47.2	45.7
41	Buğday	DAP-A.Sülfat	32.7	32.5
42	Ayçiçeği	20-20-Üre	37.7	15.8

EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü
(devam)

2000-2001 Ekim Dönemi				
Parsel No	Ekilen Bitki	Kullanılan Gübre	Parsel Alanı, ha	Ekilen Alan, ha
7	Buğday	DAP-A.Nitrat	63.5	63.5
8	Nohut	DAP	91.0	36.8
9	Fiğ-Nohut	DAP	107.2	10.4-88.0
10	Buğday	DAP-Üre	40.5	40.0
11	Veri yok	Veri yok	88.5	Veri yok
12	Fiğ	DAP	64.7	50.0
13	Veri yok	Veri yok	59.5	Veri yok
14	Buğday-Fiğ-Soğan	DAP-Üre-A.Sülfat	88.5	12.1-20.0-45.0
15	Buğday	DAP-Üre-A.Sülfat	67.5	22.5
16	Buğday	DAP-A.Sülfat	74.5	74.5
17	Buğday-Fiğ	DAP-A.Sülfat	72.8	30.0-39.9
18	Buğday-Fiğ	DAP-A.Sülfat	81.2	50.0-29.6
19	Buğday	DAP-A.Nitrat	73.0	47.4
20	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Sülfat	63.2	29.8-30.4
21	Ayçiçeği- Mısır	DAP-A.Sülfat	35.0	12.5-22.5
22	Buğday	DAP-A.Nitrat	32.5	32.5
23	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	15.0	13.7
24	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	15.0	11.4
25	Buğday	DAP-A.Sülfat	45.5	32.5
26	Buğday	DAP-A.Sülfat	44.0	44.0
27	Mısır	DAP-A.Sülfat	35.0	35.0
28	Buğday	DAP-A.Sülfat	26.5	26.2
29	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	28.5	28.5
30	Buğday	DAP-A.Sülfat	9.0	9.0
31	Buğday	DAP-A.Sülfat	8.2	8.0
32	Buğday	DAP-A.Sülfat	10.7	10.5
33	Buğday	DAP-A.Sülfat	14.0	14.0
34	Buğday	DAP-A.Sülfat	14.0	12.0
35	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	24.0	22.7
36	Buğday	DAP-A.Sülfat	37.0	20.2
37	Buğday	DAP-Üre	25.0	25.0
38	Buğday	DAP-A.Sülfat	43.2	42.6
39	Yonca	A.Sülfat	49.5	49.5
40	Yonca	A.Sülfat	47.2	45.7
41	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	32.7	32.5
42	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Sülfat	37.7	20.0-15.8

EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü
(devam)

2001-2002 Ekim Dönemi				
Parsel No	Ekilen Bitki	Kullanılan Gübre	Parsel Alanı, ha	Ekilen Alan, ha
7	Veri yok	Veri yok	63.5	Veri yok
8	Buğday	DAP-A.Nitrat	91.0	91.0
9	Buğday	DAP-A.Nitrat	107.2	16.5
10	Nohut	DAP	40.5	29.6
11	Buğday-Fiğ	DAP-A.Nitrat	88.5	25.0-50.0
12	Buğday	DAP-A.Nitrat	64.7	63.7
13	Buğday	DAP-A.Nitrat	59.5	59.5
14	Yonca	DAP-TSP	88.5	51.4
15	Ayçiçeği	DAP-Üre	67.5	22.5
16	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Nitrat	74.5	20.1-32.5
17	Ayçiçeği-Nohut	DAP	72.8	33.0-33.0
18	Ayçiçeği	Veri yok	81.2	19.6
19	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Nitrat	73.0	30.0-43.0
20	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Nitrat-A.Sülfat	63.2	30.0-30.0
21	Buğday	DAP-A.Sülfat	35.0	42.0
22	Slaj Mısır	DAP-A.Nitrat	32.5	25.0
23	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	15.0	13.7
24	Buğday	DAP-A.Nitrat	15.0	11.4
25	Buğday	DAP-A.Nitrat	45.5	44.4
26	Mısır	20-20-Üre	44.0	44.0
27	Buğday	DAP-A.Nitrat	35.0	35.0
28	Veri yok	Veri yok	26.5	Veri yok
29	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	28.5	28.5
30	Buğday	DAP-A.Nitrat	9.0	9.0
31	Mısır	20-20-Üre	8.2	8.0
32	Mısır	20-20-Üre	10.7	10.6
33	Mısır	20-20-Üre	14.0	14.0
34	Ayçiçeği	DAP-Üre	14.0	12.0
35	Buğday	DAP-A.Nitrat	24.0	22.7
36	Ayçiçeği	DAP-Üre	37.0	15.5
37	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Sülfat	25.0	25.3-25.3
38	Mısır	DAP-Üre	43.2	42.6
39	Yonca	Üre	49.5	49.5
40	Yonca	Üre	47.2	45.7
41	Buğday	DAP-A.Nitrat	32.7	32.5
42	Buğday	DAP-A.Nitrat	37.7	35.8

EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü
(devam)

2002-2003 Ekim Dönemi				
Parsel No	Ekilen Bitki	Kullanılan Gübre	Parsel Alanı, ha	Ekilen Alan, ha
7	Fiğ	DAP	63.5	62.9
8	Buğday	DAP	91.0	91.0
9	Buğday	DAP-A.Nitrat	107.2	90.4
10	Buğday	DAP-A.Nitrat	40.5	40.0
11	Buğday	DAP-A.Nitrat	88.5	50.0
12	Buğday	DAP-A.Nitrat	64.7	60.0
13	Buğday	DAP-A.Nitrat	59.5	59.5
14	Ayçiçeği-Buğday	DAP-A.Nitrat	88.5	20.0-36.6
15	Buğday	DAP-A.Nitrat	67.5	68.5
16	Buğday	DAP-A.Nitrat	74.5	74.5
17	Buğday	DAP-A.Nitrat	72.8	72.8
18	Buğday-Fiğ	DAP-A.Nitrat	81.2	47.1-32.5
19	Ayçiçeği	DAP-A.Sülfat	73.0	47.4
20	Buğday	DAP-A.Nitrat	63.2	60.0
21	Buğday	DAP	35.0	35.0
22	Buğday	DAP-A.Nitrat	32.5	32.5
23	Ayçiçeği	DAP	15.0	13.7
24	Mısır	20-20	15.0	14.9
25	Mısır	DAP-Üre-A.Nitrat	45.5	42.0
26	Buğday	DAP-A.Nitrat	44.0	44.0
27	Buğday	DAP-A.Nitrat	35.0	35.0
28	Buğday	DAP-A.Nitrat	26.5	26.2
29	Mısır	Veri yok	28.5	28.5
30	Veri yok	Veri yok	9.0	Veri yok
31	Buğday	DAP-A.Nitrat	8.2	8.2
32	Buğday	DAP-A.Nitrat	10.7	10.6
33	Buğday	DAP-A.Nitrat	14.0	14.0
34	Buğday	DAP-Üre	14.0	14.0
35	Mısır	DAP-Üre	24.0	22.7
36	Buğday	DAP-A.Nitrat	37.0	15.5
37	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	25.0	25.0
38	Buğday	DAP-A.Nitrat	43.2	42.6
39	Yonca	Veri yok	49.5	49.5
40	Yonca	Veri yok	47.2	45.7
41	Veri yok	Veri yok	32.7	Veri yok
42	Veri yok	Veri yok	37.7	Veri yok

EK 4 Parsellerde 1999-2004 Yılları Arası Ekilen Bitki Çeşidi ve Kullanılan Gübre Türü
(devam)

2003-2004 Ekim Dönemi				
Parsel No	Ekilen Bitki	Kullanılan Gübre	Parsel Alanı, ha	Ekilen Alan, ha
7	Buğday	DAP-A.Nitrat	63.5	63.5
8	Buğday	DAP	91.0	91.0
9	Buğday-Fiğ-Nohut	DAP-A.Nitrat	107.2	65.0-19.0-23.0
10	Veri yok	Veri yok	40.5	Veri yok
11	Veri yok	Veri yok	88.5	Veri yok
12	Buğday	DAP-A.Nitrat	64.7	60.0
13	Buğday	DAP-A.Nitrat	59.5	59.5
14	Buğday	DAP-A.Nitrat	88.5	36.6
15	Fiğ	DAP	67.5	18.0
16	Buğday	DAP	74.5	39.4
17	Buğday	DAP	72.8	47.0
18	Buğday	DAP	81.2	47.1
19	Buğday	DAP-A.Nitrat	73.0	47.4
20	Buğday	DAP	63.2	54.1
21	Veri yok	Veri yok	35.0	Veri yok
22	Buğday	DAP	32.5	31.5
23	Veri yok	Veri yok	15.0	Veri yok
24	Veri yok	Veri yok	15.0	Veri yok
25	Veri yok	Veri yok	45.5	Veri yok
26	Ş.Pancarı	Veri yok	44.0	44.0
27	Veri yok	Veri yok	35.0	Veri yok
28	Veri yok	Veri yok	26.5	Veri yok
29	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	28.5	28.5
30	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	9.0	8.4
31	Mısır	DAP-A.Nitrat	8.2	8.2
32	Mısır	DAP-A.Sülfat	10.7	10.7
33	Mısır	DAP-Üre	14.0	14.0
34	Veri yok	Veri yok	14.0	Veri yok
35	Buğday	DAP	24.0	22.7
36	Ayçiçeği	DAP-A.Nitrat	37.0	11.2
37	Buğday	DAP-A.Nitrat	25.0	22.7
38	Mısır	DAP-A.Nitrat	43.2	42.6
39	Yonca	A.Nitrat	49.5	49.5
40	Yonca	Veri yok	47.2	45.7
41	Buğday	DAP-A.Nitrat	32.7	32.5
42	Yonca	Veri yok	37.7	37.7

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa SAĞLAM
Doğu Yeri : Amasya
Doğum Tarihi : 25.10.1975
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Alaca Şehit Nedim Tuğaltay Lisesi, 1992
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, 1993-1998
Yüksek Lisans : Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, 2001

Çalıştığı Kurum/Kurumlar

Araştırma Görevlisi : Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü,
Kasım 1998 - Kasım 2001
Araştırma Görevlisi : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü,
Kasım 2001 - Devam

Yayınları

- Erdal, İ., Bozkurt, M.A., Çimrin, K.M., **Sağlam, M.** ve Karaca, S., 2000. Kireçli Bir Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.) Gelişimi ve Fosfor Alımı Üzerine Hümik Asit ve Fosfor Uygulamasının Etkisi. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 24, 663-668.
- Bozkurt, M.A., Erdal, İ., Çimrin, K.M., Karaca, S. ve **Sağlam, M.** 2000. Kentsel Arıtma Çamuru ve Hümik Asit Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Besin İçeriği ve Ağır Metal Kapsamına Etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4); 35-43.
- Erdal, İ., Gülser, F., Tüfenkçi, Ş., Karaca, S. ve **Sağlam, M.**, 2000. Kükürtlü Gübrelemenin Kireçli Bir Toprakta Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.) Gelişimi ve Bitki Fosfor Alımına Etkisi Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Dergisi.7(1),151-154.
- Kızılkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B. ve **Sağlam, M.** 2004. Microbial Characteristics of soils contaminated with Heavy Metals. European of Soil Biology, 40, 95-102.
- Sağlam, M.**, Öztürk, H.S. ve Özkan, İ. 2004. The use of the composted banana plant wastes as a soil amendment material. International Soil Congress (ISC) on "Natural Resource Management for Sustainable Development"; 7-10 June, Erzurum, Türkiye, A.12, 70-77.
- Sağlam, M.**, Ozturk, H.S., Erpul, G., Ersahin, S. and Ozkan, I. 2005. Spatial interpretation of RUSLE soil erodibility factor (K) in alluvial and colluvial soils. College on Soil Physics, 12-30 September, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste; Italy.
- Çaycı, G., Öztürk, H.S., Heng, L.K., Sürek, D., **Sağlam, M.** and Kütük, C. 2006. Monitoring and assesment of temporal soil water variability in two-course dryland crop rotation systems. Agro Environ 2006, Agricultural Constraints in the Soil-Plant-Atmosphere Continuum, 4-7 September, Gent, Belgium, 55-60.
- Çaycı, G., Heng, L.K., Öztürk, H.S., Sürek, D., Kütük, C. and **Sağlam, M.** 2008. Crop yield and water use efficiency in semi-arid region of Turkey. Soil and Tillage Research, doi:10.1016/j.still.2008.09.004