

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**ÇUKUROVA'DA FLÜVİYAL BİR TARIM ARAZİSİNDE BAZI TOPRAK  
VERİMLİLİK ÖZELLİKLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL MODELLEMESİ**

**Armağan KARABULUT**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

**ANKARA**

**2010**

**Her hakkı saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Armağan KARABULUT tarafından hazırlanan “Çukurova’da Flüviyal Bir Tarım Arazisinde Bazı Toprak Verimlilik Özelliklerinin Jeostatistiksel Modellemesi” adlı tez çalışması 07.06.2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. İlhami ÜNVER

**Jüri Üyeleri** :

**Başkan** : Prof. Dr. İlhami ÜNVER  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ABD

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Levent TEZCAN  
Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği ABD

**Üye** : Prof. Dr. Ali İNAL  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ABD

**Üye** : Prof. Dr. Günay ERPUL  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ABD

**Üye** : Prof. Dr. Erhan TERCAN  
Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği ABD

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Orhan ATAKOL**  
**Enstitü Müdürü**

# ÖZET

Doktora Tezi

## ÇUKUROVA'DA FLÜVİYAL BİR TARIM ARAZİSİNDE BAZI TOPRAK VERİMLİLİK ÖZELLİKLERİNİN JEOİSTATİSTİKSEL MODELLEMESİ

Armağan KARABULUT

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İlhami ÜNVER

Toprak örtüsü çok geniş alanları kapsar ve özellikleri hakkında bilgi, örnekleme yolu ile sağlanır. Toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenlik, farklı mekânsal ölçeklerde, farklı süreçlerin etkileşiminden kaynaklansa da, birbirinden farklı veya benzer özellikte olabilmektedir. Sonuç olarak toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenlik, birçok farklı ölçekte ve çözünürlükte, milimetreden birkaç kilometreye kadar değişim gösterebilir. Tarım alanlarında toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin bilinmesi, optimum bir işletimle verimliliğin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu araştırma Çukurova'da her yıl mısır ekimi yapılan bir tarım arazisinde, 38 ha'lık bir çiftçi tarlasında gerçekleştirilmiştir. On bir toprak özelliği [toplam N (tN) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), alınabilir P (aP) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), alınabilir K (aK) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), OM (%), EC ( $\text{dS m}^{-1}$ ), pH, KDK ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ), kum (%), silt (%), kil (%),  $\text{CaCO}_3$  (%)] için yapılan bu araştırma üç bölümden oluşmaktadır: Birinci bölümde toprak özelliklerinin farklı aralıklarda (12,5, 25, 50, 100 m) yapılmış örnekleme yapıları kullanılarak mekânsal bağımlılık yapıları belirlenmiştir. İkinci yıl ekim ve gübreleme öncesi dönemi için aynı örnekleme sistemi ile alınmış olan toprak örnekleri ile tN, aP, aK, OM ve EC'nin jeostatistiksel modellemelerinin doğrulaması yapılmıştır. Çalışılan arazide aP izotrop bir yapı gösterirken diğer toprak özellikleri yöne bağlı farklı azimut açılarında anizotropik bir yapı sergilemişlerdir. EC ilk yıl I. dönem tam kontrolsüz etki varyansı göstermiş, ancak ikinci yıl yöne bağlı anizotropik bir yapı sergilemiştir. Mekânsal bağımlılık en yüksek kil ve KDK'da görülürken en düşük aP ve pH'da görülmüştür. En yüksek yapısal uzaklık majör 576m, minör 468 m ile OM'de, en düşük yapısal uzaklık ise majör 245 m, minor 180 m ile siltde görülmüştür. İkinci bölümde dinamik toprak özelliklerinin (tN, aP, aK, OM, EC) farklı örnekleme dönemlerindeki mekânsal değişimleri (mekânsal-zamansal) irdelenmiş ve değişim oranları belirlenmiştir. Toprak özelliklerinden özellikle aK, tN, ve OM'de krigleme mekansal dağılım yapılarının tüm tarımsal uygulamalara ve diğer dış etkenlere rağmen korunduğu görülmüştür. Tarımsal uygulamalar, bazı toprak özelliklerinin krigleme mekansal yapılarında, bitki gelişim sürecinde önemli değişiklikler oluştururken, ekim öncesi ve hasat sonrası örnekleme dönemlerinin mekansal dağılım yapılarında önemli benzerlikler görülmüştür. Üçüncü bölümde ise çok değişkenli (multivariate) mekansal analizler yardımı ile toprak özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Kil aK, OM, tN, KDK ve kum bir araya gelerek, temel bileşen analizinde toprak verimliliği bileşeni olarak adlandırılan 1. bileşeni oluşturmuş ve aynı toprak özellikleri grubu birinci bileşen varyans faktör değerlerinin yüzeyi ile benzer krigleme mekansal dağılım yapısı göstermiştir.

**Haziran 2010, 219 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Jeostatistik, Yarıvaryogram, Alansal Bağımlılık, Toprak Verimlilik Özellikleri, Örnekleme Stratejisi, Mekânsal-Zamansal Değişkenlik, Çok Değişkenli Mekânsal Analiz, Temel Bileşen Analizi

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### GEOSTATISTICAL MODELLING OF SELECTED SOIL FERTILITY PARAMETERS IN A FLUVIAL AGRICULTURAL LAND IN ÇUKUROVA

Armağan KARABULUT

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

Supervisor: Prof. Dr. İlhami ÜNVER

Soil covers large areas on the ground and information about its properties is provided by sampling. The spatial dependence structure of the soil properties can be similar or different among each other, even if they are affected by interactions of the different processes in various scales. As a consequence, the spatial variability of the soil properties may vary along with lots of different scales and resolutions which can be from millimeters to kilometers. It is important, in terms of yield improvement, to understand the spatial and temporal variability of soil fertility properties in agricultural areas. This research performed in a farmer land where maize is planting every year in Çukurova, Southern part of Turkey. The research, performed for 11 of soil properties [total N (tN) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), available P (aP) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), available K (aK) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), OM (%), EC ( $\text{dS m}^{-1}$ ), pH, CEC ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ), sand (%), silt (%), clay (%),  $\text{CaCO}_3$  (%)], comprised of 3 stages. At the first stage, the most proper sampling interval and the most accurate spatial distribution of the soil properties studied by determining spatial dependence structures of the soil properties in different sampling intervals. The soil samples, collected for the second year in the same strategy of the first year, modeled geostatistically again in order to verificate the variogram model parameters of the first year for tN, aP, aK, OM and EC. While aP had isotropic variogram structure, other soil properties showed anisotropic variogram structure within different azimuth angle. EC had pure nugget effect at the first year sampling, but it showed anisotropic structure at the second year's. The highest spatial dependence was observed in the geostatistical model results of clay and KDK, while the lowest was observed of aP and pH. While the longest spatio-structural range obtained from OM average value for major 550 m and minor 445 m, the shortest spatio-structural range obtained from silt for the major 245 m and minor 180 m. The temporal impacts, coming from either agricultural practices or other effects, on the spatial variability of dynamic soil properties (tN, aP, aK, OM, EC) examined at the second stage. The kriging spatial distribution structures, especially, of aK, tN and OM, did not change despite the all agricultural practices and other effects at the field. There was strong similarity between the kriging spatial distributions of pre-plant and past-plant periods, while some spatial distribution differences were obtained during plant growing periods. The relationships among the soil properties were studied by using multivariate spatial analysis at the last stage. Clay, aK, OM, tN, CEC and sand were gathered as the first component, which are of soil fertility parameters, in the principle component analysis (PCA) and the (PCA) analysis of this soil properties pointed out a similar spatial variability distributions as well.

**June 2010, 219 pages**

**Key Words :** Geostatistics, Semivariogram, Spatial Dependence, Soil Fertility Parameters, Sampling Strategy , Spatio-temporal Variability, Multivariate Spatial Analysis, Principle Component Analysis

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın her aşamasında değerli katkıları, yapıcı eleştirileri ve maddi-manevi desteğini esirgemeyen Danışman Hocam Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak A.B.D. Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. İlhami ÜNVER'e; değerli katkıları ve yapıcı eleştirileriyle çalışmaya katkı sağlayan, özellikle laboratuvar analizlerinin tekrarlarında yardımlarından dolayı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak A.B.D. Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ali İNAL'a; jeostatistiksel modelleme aşamasında değerli katkıları, önerileri ve yapıcı eleştirileri ile desteklerini esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Levent TEZCAN'a ve Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Erhan TERCAN'a; katkılarından dolayı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak A.B.D. Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Günay ERPUL'a; çalışmanın her aşamasında manevi desteğini esirgemeyen TGSMa Enstitü Müdürüm Sayın Dr. Bülent SÖNMEZ'e; çalışmayı hayata geçirmemde desteklerini esirgemeyen, arazide toprak örneklemesinde bizzat yardımcı olan, çalışmanın "Hassas Tarım-Değişken Oranlı Gübre Uygulamaları Projesi" ile paralel yürümesindeki desteklerinden dolayı TGSMa Enstitü Müdür Yardımcım Sayın Dr. İbrahim GÜÇDEMİR'e; Tezin yazılması aşamasında manevi desteğini esirgemeyen TGSMa Enstitü Müdür Yardımcım Sayın Dr. Suat AKGÜL'e; arazisinde iki yıl boyunca çalışmalarımın yürütülmesinde gerek maddi gerekse manevi desteğini esirgemeyen, örneklerin zor koşullarda alınmasında yardımlarını esirgemeyen arazi sahipleri Sayın Durdu DANIŞOĞLU ve kardeşi Hamit DANIŞOĞLU, oğlu Niyazi DANIŞOĞLU ve yeğeni Cengiz DANIŞOĞLU'na; arazide örnekleme aşamasında yardımlarını esirgemeyen "Hassas Tarım-Değişken Oranlı Gübre Uygulamaları Projesi" ekip arkadaşlarıma ve A.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Ufuk TÜRKER'e; laboratuvar analizlerinde yardımlarından dolayı TGSMa Enstitümüz laboratuvar teknik ve yardımcı personeline; laboratuvar analizlerinin tekrarlanması aşamasındaki katkılarından dolayı Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden Arş. Gör. Nuray ÇİÇEK'e ve İl Özel İdaresi Köye Hizmet Götürme Dairesi Başkanlığı verimlilik laboratuvarı personeline; çok değişkenli mekânsal analizlerin ve CBS mekânsal analizlerin yapılmasında teknik bilgilerini esirgemeyen ve önerilerde bulunan Sayın Dr.

Bruna GRIZETTI ve Alberto ALOE'ye; tez çıktılarının alınmasında katkılarından dolayı Enstitümüz CBS ve UA Merkezi elemanlarından Fatma ELBAŐI, Dilek YATMAN, ve Süheyla USTAOĞLU'na, çoğaltılması aşamasındaki katkılarından dolayı Turgay ERKAL'a ve çalışmada bir Şekilde katkıda bulunan herkese;

son olarak, tezin her aşamasında maddi ve manevi sürekli destek olan, manevi güçlerini her zaman yüreğimde hissettiğim çok sevgili babam, annem ve tüm kardeŐlerime kısaca,

KARABULUT AİLESİ'ne

SONSUZ TEŞEKKÜR EDERİM.

Armağan KARABULUT  
Ankara, Haziran 2010

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	5
2.1 Toprak Verimlilik Parametrelerinin Jeostatistiksel Modellemesi ile İlgili Genel Kaynaklar .....	5
2.2 Jeostatistiksel Modellemede Örneklem Aralığı ve Ölçeği ile İlgili Kaynaklar .....	9
2.3 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal Analizleri ile İlgili Kaynaklar .....	11
2.4 Toprak Özelliklerinin Çok Değişkenli Mekânsal (Multivariate) Analizleri ile İlgili Kaynaklar .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	16
3.1 Materyal. ....	16
3.1.1 Araştırma alanının coğrafi konumu .....	16
3.1.2 Genel iklim özellikleri .....	16
3.1.3 Araştırma alanı topraklarının etüt değerlendirmesi ve sınıflandırılması .....	17
3.1.4 Coğrafya ve jeoloji .....	19
3.1.5 Jeomorfoloji .....	20
3.1.6 Hidroloji .....	21
3.1.6.1 Akarsular .....	21
3.1.6.2 Göller .....	21
3.1.7 Araştırma alanındaki tarımsal uygulamalar .....	22
3.2 Yöntem .....	23
3.2.1 Toprak örneklem sistemi .....	26
3.2.1.1 I. Örneklem .....	26
3.2.1.2 Örneklem Dönemleri .....	28
3.2.2 Laboratuvar analizleri .....	30
3.2.3 Jeostatistiksel modelleme ve mekânsal analizler .....	31
3.2.3.1 Bölgesel değişkenler teorisi .....	31
3.2.3.2 Varyans .....	34
3.2.3.3 Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu (Varyogram) .....	34
3.2.3.4 Krigleme içkestirim (interpolasyon) yöntemi .....	40
3.2.4 Mekânsal değişkenlik yapısı üzerine örneklem ölçeğinin etkisi .....	42
3.2.5 Mekânsal-zamansal analizler .....	43
3.2.6 Çok-değişkenli (multivariate) mekânsal analizler .....	44
3.2.6.1 Temel bileşen analizi (TBA) .....	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	48
4.1 Mekânsal Değişkenlik Yapısı Üzerine Örneklem Ölçeğinin Etkisi .....	48

4.1.1 Tanımlayıcı istatistikler .....	48
4.1.1.1 2006 yılı I. örnekleme dönemi (2006-Ekim öncesi) farklı örnekleme ölçeklerinin tanımlayıcı istatistikleri .....	49
4.1.1.2 2007 yılı I. örnekleme dönemi farklı örnekleme ölçeklerinin tanımlayıcı istatistikleri .....	57
4.1.2 Farklı örnekleme ölçekleri ile toprak özelliklerinin jeostatistiksel modellemesi .....	62
4.1.2.1 Toprakta bitki besin maddeleri (tN, aP, aK) .....	64
4.1.2.1.1 Toprakta toplam azot (tN) .....	64
4.1.2.1.2 Toprakta alınabilir fosfor (aP) .....	70
4.1.2.1.3 Toprakta alınabilir potasyum (aK) .....	75
4.1.2.2 Toprak organik maddesi (OM) .....	81
4.1.2.3 Toprak elektriksel iletkenliği (EC) .....	86
4.1.2.4 Toprak tekstürü (kum, silt, kil) .....	91
4.1.2.4.1 Toprağın kum içeriği .....	91
4.1.2.4.2 Toprağın silt içeriği .....	95
4.1.2.4.3 Toprağın kil içeriği .....	100
4.1.2.5 Toprak pH'sı .....	104
4.1.2.6 Katyon değişimi kapasitesi (KDK) .....	109
4.1.2.7 Toprakta serbest karbonatlar (Kireç) .....	113
4.2 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal (Spatio-Temporal) Değişimleri .....	118
4.2.1 Tanımlayıcı istatistikler .....	118
4.2.2 Toprak özelliklerinin farklı örnekleme dönemlerindeki jeostatistiksel modellemesi .....	120
4.2.2.1 Toprakta toplam azot (tN) .....	122
4.2.2.2 Toprakta alınabilir fosfor (aP) .....	126
4.2.2.3 Toprakta alınabilir potasyum (aK) .....	130
4.2.2.4 Toprak organik maddesi (OM) .....	134
4.2.2.5 Toprak elektriksel iletkenliği (EC) .....	138
4.3 Toprak Özelliklerinin Mekânsal İlişkileri .....	142
4.3.1 Çok-değişkenli (multivariate) analizler .....	142
4.3.1.1 Temel bileşenler analizi .....	142
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	156
5.1 Mekânsal Değişkenlik Yapısına Örnekleme Ölçeğinin Etkisi Konusunda Sonuç ve Öneriler .....	156
5.2 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal (Spatio-Temporal) Değişimleri Konusunda Sonuç ve Öneriler .....	161
5.3 Çok-Değişkenli (Multivariate) Analizler Konusunda Sonuç ve Öneriler	164
KAYNAKLAR .....	167
EKLER .....	176
EK 1 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2007–2008 yılına ait meteorolojik değerler.....	178
EK 2 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2006–2007 yılına ait meteorolojik değerler.....	179



EK 3	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2005–2006 yılına ait meteorolojik değerler.. .....	180
EK 4	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık iklim değerleri (1950–2008).. .....	181
EK 5	2006 yılı I. örnekleme dönemi 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	182
EK 5	2006 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	183
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	184
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	185
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	186
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	187
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	188
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	189
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	190
EK 8	2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları. ....	191
EK 8	2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	192
EK 9	2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları.....	193
EK 9	2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	194
EK 10	2006 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları	195
EK 11	2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları.....	196
EK 11	2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	197
EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	198
EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	199
EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	200
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	201
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	202

EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	203
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	204
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	205
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	206
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	207
EK 15	2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	208
EK 15	2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	209
EK 16	2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları	210
EK 16	2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	211
EK 17	2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları	212
EK 17	2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	213
EK 18	Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2006) .....	214
EK 19	Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2007).....	215
EK 20	Toprak özelliklerinin 200 m örnekleme aralığında krigleme mekânsal dağılımları.....	216
EK 21	Temel bileşenlerin (bileşen 1, bileşen 2, bileşen 3) varyogram haritaları.....	217
	ÖZGEÇMİŞ.....	218

## SİMGELER DİZİNİ

a	Yapısal Uzaklık (Range)
ABD	Alansal Bağımlılık Derecesi
ABS	Alansal Bağımlılık Sınıfı
aK	Alınabilir Potasyum
aP	Alınabilir Fosfor
ArcGIS	Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı
ASU	Adım Sınıf Uzaklığı
AÜZFTB	A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü
B	Bor
BBM	Bitki Besin Maddeleri
BDY	Bazla Doygunluk Yüzdesi
C	Yapısal Varyans (Sill)
Co	Kontrolsüz Etki–Külçe (Nugget) Varyansı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇDSH	Çapraz Doğrulama Standart Hatası (RMSE)
ÇD_R <sup>2</sup>	Çapraz Doğrulama Regresyon Katsayısı
DGPS	Differential Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
DK	Değişkenlik Katsayısı
EAU	Etkin Adım Uzaklığı
EC	Toprakta Elektriksel İletkenlik
DSP	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
FAO	Food and Agriculture Organization
FKM	Fuzzy k Ortalamaları
GS+7	Jeoistatistik Yazılımı
h	Adım (Lag) Uzaklığı
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
KV	Külçe (Nugget) Varyansı
NaOAc	Sodyum Asetat
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonyum
NH <sub>4</sub> OAc	Amonyum Asetat
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat

OM	Organik Madde
HKO	Regresyon Katsayısının Hata Kareler Ortalaması
ÖU	Örnekleme Uzaklığı
ÖA	Örnekleme Alanı
ÖS	Örnek Sayısı
TBA	Temel Bileşen Analizi
$r^2$	Regresyon Katsayısı
RSS	Reduced Sums of Squares (Azaltılmış Kareler Toplamları)
StdS	Standart Sapma
TGSMAE	Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü
tN	Toplam Azot
TÖ	Toprak Özellikleri
TOK	Toprak Organik Karbonu
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VM	Varyogram Modeli
VMT	Varyogram Model Tipi
VM_ $R^2$	Varyogram Modeli Regresyon Katsayısı
YU	Yapısal Uzaklık (Range)
YV	Yapısal Varyans
zD	Zamansal Değişim Oranı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu.....	17
Şekil 3.2 Araştırma alanı.....	22
Şekil 3.3 Genel I. dönem örnekleme düzeneği.....	27
Şekil 3.4 12,5x12,5 m I. dönem örnekleme düzeneği.....	27
Şekil 3.5 25x25 m ve 50x50 m I. dönem örnekleme düzeneği.....	28
Şekil 3.6 100x100 m II., III. ve IV. dönemin örnekleme düzeneği.....	29
Şekil 3.7 Araştırma kapsamındaki jeostatistiksel modellenmenin akış şeması.....	32
Şekil 3.8 İki nokta arasındaki adım (lag) uzaklığı.....	33
Şekil 3.9 Yarıvaryogram grafiği ve kontrolsüz etki ( $C_0$ ) varyansı.....	36
Şekil 3.10.a. Küresel, b. Dairesel, c. Üslü, ç. Gauss dağılımlı d. Doğrusal yarıvaryogram modelleri.....	38
Şekil 3.11 Varyogramda anizotropi özelliği.....	39
Şekil 4.1. a. Toprakta tN'un frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği ...	65
Şekil 4.2 Toprakta tN'un anizotropik varyogram haritası.....	66
Şekil 4.3 Toprakta tN'un anizotropik yarıvaryogram modelleri.....	67
Şekil 4.4 Toprakta tN'un krigleme mekânsal dağılımı.....	70
Şekil 4.5 a. Toprakta aP'un frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği..	71
Şekil 4.6 Toprakta aP'un varyogram haritası.....	71
Şekil 4.7 Toprakta aP'un izotropik yarıvaryogram modelleri.....	72
Şekil 4.8 Toprakta aP'un krigleme mekânsal dağılımı.....	75
Şekil 4.9 Toprakta aK'un frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği.....	76
Şekil 4.10 Toprakta aK'un anizotropik varyogram haritası.....	76
Şekil 4.11 Toprakta aK'un anizotropik yarıvaryogram modelleri.....	78
Şekil 4.12 Toprakta aK'un krigleme mekânsal dağılımı.....	80
Şekil 4.13.a. Toprakta OM'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği.....	81
Şekil 4.14 Toprakta OM'nin anizotropik varyogram haritası.....	82
Şekil 4.15 Toprakta OM'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri.....	83
Şekil 4.16 Toprakta OM'nin krigleme mekânsal dağılımı.....	85
Şekil 4.17.a. Toprakta EC'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği	86
Şekil 4.18 Toprakta EC'nin varyogram haritası.....	87
Şekil 4.19 Toprakta EC'nin tam kontrolsüz varyans etki yarıvaryogramı (2006)...	88
Şekil 4.20 Toprakta EC'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2007).....	88
Şekil 4.21 Toprakta EC'nin krigleme mekânsal dağılımı (2007).....	90
Şekil 4.22.a. Toprakta kumun frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	91
Şekil 4.23 Toprakta kumun anizotropik varyogram haritası (2006).....	92
Şekil 4.24 Toprakta kumun anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	93
Şekil 4.25 Toprakta kumun krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	95
Şekil 4.26.a. Toprakta siltin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	96
Şekil 4.27 Toprakta siltin anizotropik varyogram haritası (2006).....	96
Şekil 4.28 Toprakta siltin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	97
Şekil 4.29 Toprakta siltin krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	99

Şekil 4.30.a. Toprakta kilin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	100
Şekil 4.31 Toprakta kilin anizotropik varyogram haritası (2006).....	100
Şekil 4.32 Toprakta kilin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	101
Şekil 4.33 Toprakta kilin krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	103
Şekil 4.34.a. Toprakta pH'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	105
Şekil 4.35 Toprakta pH'nin anizotropik varyogram haritası (2006).....	105
Şekil 4.36 Toprakta pH'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	106
Şekil 4.37 Toprak pH'sinin krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	108
Şekil 4.38.a. Toprak KDK'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	109
Şekil 4.39 Toprakta KDK'nin anizotropik varyogram haritası (2006).....	110
Şekil 4.40 Toprakta KDK'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	110
Şekil 4.41 Toprak KDK'nin krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	112
Şekil 4.42.a. Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006).....	113
Şekil 4.43 Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün anizotropik varyogram haritası (2006).....	114
Şekil 4.44 Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006).....	115
Şekil 4.45 Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün krigleme mekânsal dağılımı (2006).....	117
Şekil 4.46 Toprakta tN içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları.....	123
Şekil 4.47 Toprakta tN içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları	126
Şekil 4.48 Toprakta aP içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları .....	128
Şekil 4.49 Toprakta aP içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları	129
Şekil 4.50 Toprakta aK içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları.....	132
Şekil 4.51 Toprakta aK içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları	133
Şekil 4.52 Toprakta OM içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları .....	136
Şekil 4.53 Toprakta OM içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları .....	137
Şekil 4.54 Toprakta EC içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları.....	140
Şekil 4.55 Toprakta içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları ....	141
Şekil 4.56 Eigen (özdeğer) değeri ve bileşen sayısı grafiği .....	145
Şekil 4.57 Toprak özelliklerinin temel bileşenlerle korelasyonunu gösteren "varimax" rotasyonlu uzaysal konumları.....	147
Şekil 4.58 Bileşen 1 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri.....	151
Şekil 4.59 Bileşen 1 ve bileşeni oluşturan toprak özellikleri krigleme dağılımları	152
Şekil 4.60 Bileşen 2 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri.....	153
Şekil 4.61 Bileşen 2 ve bileşeni oluşturan toprak özellikleri krigleme dağılımları.	154
Şekil 4.62 Bileşen 3 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri.....	155
Şekil 4.63 Bileşen 3 ve bileşeni oluşturan toprak özelliğinin krigleme dağılımları	155

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Çalışma alanındaki toprakların taksonomik sınıflandırılması (Güçdemir vd. 2008) .....	18
Çizelge 3.2	Çalışma alanındaki toprakların morfolojik özellikleri ve profil görüntüsü (Güçdemir vd. 2008) .....	19
Çizelge 3.3	Toprak örnekleme dönemleri .....	28
Çizelge 4.1	2006 yılı I. örnekleme döneminde 12,5x12,5 m tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 0,01 ha, örnek sayısı: 81) .....	49
Çizelge 4.2	2006 yılı I. örnekleme döneminde 25x25 m tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 6,225 ha, örnek sayısı:121) .....	49
Çizelge 4.3	2006 yılı I. örnekleme döneminde 50x50 m tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 20,25 ha, örnek sayısı:101) .....	50
Çizelge 4.4	2006 yılı I. örnekleme döneminde 100x100 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 38 ha, örnek sayısı:42) .....	50
Çizelge 4.5	2006 yılı I. örnekleme döneminde tüm örnekleme aralıklarının tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 38 ha, örnek sayısı: 260) .....	51
Çizelge 4.6	2006 yılı I. örnekleme topyekun özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri .....	52
Çizelge 4.6	2006 yılı I. örnekleme topyekun özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı) .....	53
Çizelge 4.6	2006 yılı I. örnekleme topyekun özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı) .....	54
Çizelge 4.7	2006 yılı I. örnekleme döneminde 12,5, 25, 50 ve 100 m örnekleme aralıkları değişkenlik katsayıları .....	56
Çizelge 4.8	Bazı toprak özellikleri için Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2006 yılı I. dönemin 100 m örnekleme aralığındaki DK değerleri .....	56
Çizelge 4.8	Bazı toprak özellikleri için değişik Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2006 yılı I. dönem 100 m örnekleme aralığındaki DK değerleri (devamı) .....	57
Çizelge 4.9	2007 yılı I. örnekleme döneminde 12,5x12,5 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 0,01 ha, örnek sayısı: 81 adet) .....	57
Çizelge 4.10	2007 yılı I. örnekleme döneminde 25x25 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 6,225 ha, örnek sayısı:121) .....	58
Çizelge 4.11	2007 yılı I. örnekleme döneminde 50x50 m tanımlayıcı istatistikleri (alan:20,25 ha, örnek sayısı:101) .....	58
Çizelge 4.12	2007 yılı I. örnekleme döneminde 100x100 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 38 ha, örnek sayısı:42) .....	58
Çizelge 4.13	2007 yılı I. örnekleme döneminin tanımlayıcı istatistikleri (örnek sayısı:260) tanımlayıcı istatistikleri. ....	59
Çizelge 4.14	2007 yılı I. örnekleme dönemindeki toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri .....	59
Çizelge 4.14	2007 yılı I. örnekleme dönemindeki toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı) .....	60

Çizelge	4.15	2006-2007 yılları I. dönemdeki 12,5, 25, 50 ve 100 m örnekleme aralıklarının değişkenlik katsayıları .....	61
Çizelge	4.16	Bazı toprak özellikleri için Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2007 yılı I. dönemdeki 100 m örnekleme aralığının DK değerleri .....	62
Çizelge	4.17	Toprakta tN'un jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)	68
Çizelge	4.18	tN'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	69
Çizelge	4.19	Toprakta aP'un jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)	73
Çizelge	4.20	Toprakta aP'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	73
Çizelge	4.21	Toprakta aK'un jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)	77
Çizelge	4.22	Toprakta aK'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	80
Çizelge	4.23	Toprakta OM'nin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007) .....	82
Çizelge	4.24	Toprakta OM'nin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	85
Çizelge	4.25	Toprakta EC'nin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007) .....	89
Çizelge	4.26	Toprakta EC'nin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	90
Çizelge	4.27	Toprakta kumun jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) .....	93
Çizelge	4.28	Toprakta kumun ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	94
Çizelge	4.29	Toprakta siltin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) .....	98
Çizelge	4.30	Toprakta siltin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	99
Çizelge	4.31	Toprakta kilin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) .....	102
Çizelge	4.32	Toprakta kilin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	103
Çizelge	4.33	Toprakta pH'nın jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) .....	106
Çizelge	4.34	Toprakta pH'nın ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	107
Çizelge	4.35	Toprakta KDK'nın jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) ...	111
Çizelge	4.36	Toprakta KDK'nın ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	112
Çizelge	4.37	Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006) ...	115
Çizelge	4.38	Toprakta CaCO <sub>3</sub> 'ün ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları .....	116
Çizelge	4.39	2006 ve 2007 yıllarında yapılan I., II., III. ve IV. örnekleme dönemlerinin karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri .....	119
Çizelge	4.39	2006 ve 2007 yıllarında yapılan I., II., III. ve IV. örnekleme dönemlerinin karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri (devamı) .....	120
Çizelge	4.40	Toprak verimlilik özellikleri Pearson korelasyon matrisi .....	143
Çizelge	4.41	Toprak özelliklerinin TBA sonucu bileşenlere olan yüzdeleri .....	144
Çizelge	4.42	Toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisinin "varimax" rotasyonlu özdeğerler (eigen değerleri) ve eklenik varyansları ...	145



Çizelge 4.43	“Varimax” rotasyonlu bileşenler matrisi .....	146
Çizelge 4.44	Bileşenlerin ve bileşenleri oluşturan toprak özelliklerinin jeostatistiksel modelleme sonuçları .....	149

## 1. GİRİŞ

Yerküredeki temel doğal kaynaklardan biri olan toprak örtüsü çok geniş alanları kapsar ve özellikleri hakkında bilgi, örnekleme yolu ile sağlanır. Toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenlik, farklı mekânsal ölçeklerde, farklı süreçlerin etkileşiminden kaynaklansa da birbirinden farklı veya benzer özellik gösterebilmektedir. Sonuç olarak toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenlik, birçok farklı ölçekte milimetreden birkaç kilometreye kadar değişim gösterebilir. Karar verilmesi gereken hangi ölçekte, hangi özelliğin örneklenmemiş alanlardaki değerinin ne olabileceğinin tahmin edilmesidir (Oliver 1999). Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlik parametreleri, ilgili özelliğin yapısal değişim uzaklıklarını verebilmekte ve buna bağlı olarak alanı temsil edici optimum örnekleme yapılmasını da sağlamaktadır.

Tarım alanlarında toprak verimlilik özelliklerinin izlenmesi verimliliğin geliştirilmesi açısından önemlidir. Bitki gelişimini etkileyen temel unsurlar genetik ve çevresel etkenlerdir (Karaçal 1993). Çevresel faktörler güneş, atmosferik olaylar (iklimler) ve topraktan gelen etkilerdir. Toprak özellikleri ise bitki gelişimi açısından önemli bir yere sahiptir. Çünkü bitki gelişimi için gerekli olan birçok etmeni bünyesinde barındırır (Aydemir 1993).

Toprakta birçok önemli fiziksel ve kimyasal tepkimeler, toprak bünyesi, toprak nemi, organik madde, mikroorganizma faaliyetleri gibi özellikler toprak verimliliğini etkileyen başlıca faktörlerdir. Bu faktörlerin bağımsız etki derecelerini belirlemek iç ve dış faktörlerin karşılıklı etkileşimleri nedeniyle imkânsıza yakındır.

Verimlilik açısından toprakta hava, su, katı taneler uygun oranlarda olmalıdır. Optimum hava-su-besin elementi ilişkisi olmadıkça, yeterli düzeyde bitki besin elementi bulunması yüksek ürün için yeterli değildir. Verimlilik açısından granüler yapılı topraklar optimum sonuçları sağlamaktadır. Bünyenin incelenmesi verimlilik yönünden aktif yüzeyin artmasını ve bitki besin elementlerinin kolay tutulmasını sağlar. Verimlilik açısından ideal bünye tınlı topraklardır (Brohi vd. 1997).

Organik madde topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere etki etmesi nedeniyle verimlilik açısından oldukça önemlidir. Organik madde, besin maddelerini bitkilerce alınabilir formda adsorbe etme kapasitesine sahiptir ve hem iyon değiştirme hem de su tutma kapasitesi, kil kolloidlerinden daha yüksektir.

Mikroorganizmalar ve salgıları toprak strüktür oluşumu ve geçirgenlik açısından önemlidir. Ayrıca N mineralizasyonunda da etkilidirler.

Tüm bitkiler farklı pH değerleri arasında gelişirler. pH toprak verimliliği açısından bitki gelişimine, bitki besin elementi elverişliliğine, gübrelemenin etkinliğine, toprak canlılarına, fiksasyona ve toprak minerallerinin ayrışmasına etki eder (Usta 1995).

Bitki besin elementleri verimlilik açısından oldukça önemlidir. Ancak verimlilik açısından bitkilere yararlı formda olmaları gerekir. Suda eriyebilir fraksiyon ve değişebilir fraksiyon bitki besin elementlerinin yararlılığını artırır (Güneş vd. 2004).

Toprak verimliliğini artırmak amacıyla toprağa verilen mineral elementlerin bitki gelişimine etkileri neredeyse 2000 yılı aşkın bir süredir bilinmektedir. Justus Von Liebig 1803–1873 yılları arasında bitki gelişiminde mineral elementlerin önemini kapsayan bilgiler sunmuştur. Bu bilgiler ışığında 19.yy. sonuna kadar özellikle Avrupa’da büyük miktarlarda potasyum, fosfor ve inorganik azot tarımda kullanılmaya başlanmıştır (Güneş vd. 2004). Böylelikle toprakların verimliliği gübreleme yolu ile belli başlı besin maddelerince artırılmaktadır. Ancak toprak ve bitkideki bitki besin elementleri bir denge içindedir. Dışarıdan verilen besin elementlerinin bu dengeyi bozması istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle bitkiyi en iyi şekilde ve çevreye en az zarar vererek besleyebilmek için bitkinin yetiştirileceği toprağı ve bitkinin isteklerini iyi tanımak ve çevre faktörlerinin bitki beslenmesine etkilerini bilmek ve yorumlayabilmek gereklidir (Güneş vd. 2004).

Toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal olarak değişim göstermesi ve bu değişimin izlenebilir olanakları, girdi optimizasyonu sağlayan, çevreye duyarlı hassas tarım ve

değişken oranlı gübre uygulamaları teknolojilerini doğurmuştur. Hassas tarım uygulamaları ile üretimde optimizasyon sağlanabilmekte, çevreye daha duyarlı tarımsal uygulamalar geliştirilebilmektedir (Güçdemir vd. 2004). Değişken oranlı gübre uygulamasının yapıldığı bir araştırmanın ilk yılında taban gübresinde % 50 ve üst gübrede ise % 25 oranında tasarruf sağlandığı, bu tasarrufun verimde bir azalma meydana getirmediği belirtilmektedir (Güçdemir vd. 2008).

Değişken oranlı azot uygulaması traktöre takılan bir azot sensörü (N-sensör) aracılığı ile bitki yansıma değerlerine (reflektans) bağlı olarak da yapılabildiği gibi esasen toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal değişkenliğine bağlı olarak yapılmaktadır. Değişken oranlı fosfor, potasyum ve diğer gübre uygulamaları ise toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal değişkenliği esas alınarak yapılabilmektedir (Karabulut vd. 2008).

Toprak özelliklerinin mekânsal değişim uzaklıklarının artması veya azalması toprak özelliklerinin farklı ölçeklerde kimi faktörlerle etkileşim göstermesinden kaynaklanır. Bu toprak özelliklerine etki eden faktörler iklim, jeoloji, röliyef, hidroloji, bitki örtüsü, coğrafya, toprak sıcaklığı, mikrobiyal etkiler ve benzerleridir. Her faktör farklı etkileşim ve mekânsal değişim ölçeğinde etkili olabilmektedir. Ayrıca toprak özelliklerindeki değişimler yöne bağlı (anizotropik) bir yapı da gösterebilmektedir. İlgili özelliğin detaylı gözlenmesi örnekleme yoğunluğuna, düzeneğine ve değişim ölçeğine bağlıdır. Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliği, örnekleme noktaları arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Diğer bir deyişle örnekleme noktası çiftleri arasındaki uzaklıkların ve değer farklarının birlikte değerlendirilmesidir. Mekânsal değişkenliğin belirlenebilmesi için farklı matematiksel yaklaşımlarla uygun varyogram modellerinin oluşturulması gereklidir. Mekânsal değişkenliğin belirlenmesi ve haritalanması için açıklandığı şekilde jeostatistiksel modelleme yapılması, hata oranları hakkında da bilgi vermesi açısından en uygun yöntemlerden biridir (McBratney ve Pringle 1997) .

Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin ölçek ve zaman etkisi gözetilerek belirlenmesini amaçlamış olan bu araştırma, Çukurova'da bir çiftçi tarlasında, hassas tarım tekniklerinin uygulandığı bir alanda gerçekleştirilmiştir. Mısır tarımının yapıldığı

38 ha alana sahip bu tarlada yürütülmüş olan araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde toprak özelliklerinin mekânsal dağılım yapılarının farklı örnekleme aralıklarında belirlenerek en uygun örnekleme aralığı ve mekânsal dağılımın yakalanmasına çalışılmıştır. İkinci bölümde, çalışma sahasının bir tarım arazisi olması nedeniyle arazide yapılan uygulamaların niteliği gözetilmeksizin toprak özelliklerinin mekânsal dağılımındaki olası zamansal değişimler irdelenmiştir. Üçüncü bölümde ise çok değişkenli mekânsal analizler yardımı ile toprak özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Araştırma kapsamında bitki gelişimine etkili olduğu bilinen bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin (tN, aP, aK, OM, pH, EC, bünye, KDK, CaCO<sub>3</sub>) mekânsal değişkenlik parametreleri jeostatistiksel modelleme ile belirlenmiş ve krigleme yüzeysel içkestirim (interpolasyon) yöntemi ile toprak verimlilik özellikleri haritalanmıştır. Her toprak özeliğinin mekânsal değişkenlik parametreleri ve dağılım haritaları değerlendirilerek benzer mekânsal yapı gösteren toprak özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca dört farklı ölçekte yapılan örnekleme yardımı ile mekânsal yapı değişkenliği ve parametreleri üzerinde örnekleme aralığı ölçek etkisi de araştırılmıştır. Ayrıca 7 dönem toprak örnekleme yapılarak dinamik toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğindeki zamansal değişimler incelenmiştir. Son olarak çok değişkenli (multivariate) mekânsal analizler yardımı ile toprak özelliklerinin birbirleri ile ilişkileri araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Toprak Verimlilik Parametrelerinin Jeostatistiksel Modellemesi ile İlgili Genel Kaynaklar

Ürün yetiştiriciliğinde makro ve mikro bitki besin maddelerinin (BBM) mevcudiyeti ve temin edilmesi modern bitki besleme biliminin temel taşlarından birisidir. Toprakta bitki besin maddelerinin mevcudiyeti ve alınabilirliği, toprak pH'sının yanı sıra toprak fiziksel özellikleri ve nem rejiminin değişkenliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu faktörler bitki kök gelişimini ve yayılmasını etkilemekte ve bitki kökleriyle bitki besin maddesi alımını kontrol etmektedir (Baldwin 1975, Güneş vd. 2004).

Gübre uygulamaları ve toprak organik maddesi içeriği de, topraktaki toplam BBM'lerinin miktarı ve mekânsal değişkenliğine katkıda bulunmaktadır. Gübre uygulamalarının mekânsal değişkenlik yapısı üzerindeki etkisi daha az bilinse de, toplam bitki besin maddesi konsantrasyonu üzerindeki etkisi açıktır (Whelan vd. 1996).

Yer bilimlerinde madencilik alanında yoğun olarak kullanılan jeostatistik, son 20 yıldır çevre bilimlerinde ve özellikle de toprak verilerinin değerlendirilmesinde artan bir hızla kullanılmaktadır. 1980'lerin sonlarına kadar jeostatistik, yarıvaryogram analizleri yardımı ile örneklenmemiş noktaları krigleme yöntemi ile tahmin etmek olarak görülmekteydi. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalarda toprak özelliklerinin birbirleriyle ilişkilerinin mekânsal olarak belirlenmesi için çok değişkenli (multivariate) jeostatistik ve mekânsal analizler kullanılmaya başlanmıştır (Goovaerts 1997, 1998).

Toprak özelliklerinin ve verimin mekânsal değişkenliğinin incelendiği Kuzey Yunanistan'da bir mısır arazisinde organik madde içeriği ve pH'nın yüksek olduğu alanlarda verimin arttığı, EC'nin ve kireç içeriğinin yüksek olduğu alanlarda ise verimin azaldığı gözlenmiştir (Velemis vd. 1998).

Erşahin (1999) Tokat-Kazova'da yer alan 8.5 ha'lık aluviyal bir tarlada (*Typic Ustifluent*) bazı önemli fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin mekânsal 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 varyogram modellerini belirlemiştir. 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. Kontrolsüz etki varyansının gerek üst gerekse alt topraklarda fazla olmasını, toprakların kısa yapısal uzaklıklarda fazlaca değişkenlik sergilediği şeklinde açıklamıştır. Genelde, üst toprak özelliklerinin mekânsal bağımlılığının alt topraklara göre daha kısa yapısal uzaklıkta olduğunu belirlemiştir. Mekânsal 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.

Keyes vd. (2000), Alberta'da toprak verimlilik parametrelerinden P, K, S, OM ve pH için 0–15 cm derinlikten alınan örneklerle mekânsal değişkenlik parametrelerini ve yapısal uzaklıkları (range) belirleyerek bu toprak özelliklerinin dağılım haritalarını oluşturmuşlar ve K ile OM arasında yapısal benzerlik yakalamışlardır.

Jeoistatistiksel yaklaşımlarda mekânsal bağımlılık varsa rastlantısal iki örnek arasındaki bir noktanın bilinmeyen değerinin büyüklüğü, bu iki örnek noktası arasındaki uzaklığın (yöne bağlı da olabilir) bir fonksiyonu olarak belirlenir. Bu nedenle noktalar arasındaki krigleme ağırlık hesapları, mekânsal sürekliliği olan değişkenlerde, örneğin toprak özelliklerinde, en yakın noktaların benzer olma ihtimali yaklaşımıyla belirlenir (Clark 2001).

İğdır ovasında bazı toprak özellikleri için yapılan yarıvaryogram analizleri toprak özelliklerinden B, EC ve ESP'nin mekânsal değişkenlik yapılarında benzerlik gözlenmiştir. Düşey yöndeki krigleme mekânsal dağılım haritaları pH hariç önemli bir farklılık göstermezken, yüzeysel dağılımlarında bazı farklılıklar görülmüştür (Ardahanlıoğlu vd. 2003).

Lopez-Granados vd. (2002) İspanya'da toprak verimlilik parametreleri olarak bünye, OM, P, K,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ve pH'nin mekânsal değişkenlik parametrelerini jeostatistiksel modelleme ile belirlemiş ve bu parametrelere bağlı olarak da değişken oranlı gübre uygulaması haritaları elde ederek uygulama yapmışlardır.

Toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal-zamansal değişimlerini belirlemek ve bu değişimlerin ekonomik ve çevresel önemini değerlendirmek, bir teknoloji olmaktan çok bir işletim sistemi olan hassas tarım için omurga özelliği taşımaktadır (Blackmore vd. 1994, Blackmore 2000).

Brouder vd. (2003) toprak verimlilik parametreleri olarak çalışma alanları için aP, aK, OM, pH, KDK, Ca ve Mg' u değerlendirmişler ve bunlardan aP ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), aK ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), pH ve OM (%) nin uygun yarıvaryogram model ve parametrelerini belirleyerek mekânsal değişkenliklerinde benzerlik ortaya çıkarmışlardır.

Muller vd. (2004) değişken oranlı gübre uygulama çalışmasının yapıldığı bir tarım arazisinde (Kentucky) pH, aP ve aK'un mekânsal değişkenliklerini jeostatistiksel modellemelerle belirlemişler ve uygulama haritalarını bu verilerin değerlendirilmesiyle elde etmişlerdir.

Ankara-Gölbaşı ve yakın çevresinde, toprakların bazı mühendislik ve fiziksel özelliklerinin mekânsal dağılımları jeostatistiksel yöntemle belirlenmiş ve suyla doygunluk, kil, tarla kapasitesi, sürekli solma noktası, kullanılabilir su kapsamı, likit limit, plastik limit, plastiklik indeksi değerlerinin araştırma alanı içerisindeki dağılımlarının benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Toprak mühendislik-fiziksel özellikleri



zamanla büyük değişiklikler göstermediğinden, varyogramın tekrar edilebilmesinin yanı sıra benzer topografya ve benzer toprak tiplerinde de kullanılabilir olduğu bulunmuştur (Başkan 2004).

Hassas tarımda, girdiye karşılık geri dönüşümü optimize etmek ve çevreye olan etkileri azaltmak için, girdiler arazi boyunca değişen oranlarda uygulanır. Değişen oranda uygulama yapılmasında esas olan ise arazi içindeki mekânsal-zamansal değişkenliği doğru şekilde belirlemek ve bu bilgiler doğrultusunda işletim stratejileri geliştirmektir (Delin 2005).

Toprağın su içeriği, bitki gelişimini, bitki besin maddeleri taşınımı ve bitki besin maddeleri dönüşümünü, toprak-bitki sistemindeki enerji dengesini etkileyen temel toprak özelliğidir. Toprak kum içeriği ve toprak nemi arasındaki ilişki, toprak bünyesinin toprak su içeriği ve dolaylı olarak bitki besin maddelerinin mekânsal değişkenliğini kontrol ettiğini göstermektedir. Bunu belirlemede jeostatistik ve mekânsal sorgulamalar etkili birer araçtır (Erşahin ve Brohi 2005).

Alüviyal topraklarda, toprak fiziksel özelliklerinin mekânsal dağılım yapısı ve büyüklüğü, değişken oranlı uygulamalarda ve toprak örnekleme stratejisinin geliştirilmesinde etkin bir rol oynar (Iqbal vd. 2005).

Çankırı'nın İndağı karaçam orman arazisinde 400x600 m'lik bir alanda 0-10 cm derinlikten toplanmış olan 52 adet toprak örneği ile bazı toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlikleri belirlenmiştir. Yarıvaryogram modeli ile elde edilen yapısal uzaklıklar, toprak organik maddesi için 330 m, hacim ağırlığı için 137 m, kil için 120 m, kum için 130 m, hidrolik iletkenlik için 340 m ve toprağın erozyon duyarlılık (K) faktörü için 250 m olarak bulunmuştur. Organik madde, hacim ağırlığı, kil ve kum içeriğinin mekânsal dağılımlarında önemli benzerlikler tespit edilmiştir (Başaran vd. 2006).

Sağlam (2008) bazı kalite göstergelerinin belirlenmesi ve bunların mekânsal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemler ile analiz edilerek aralarındaki mekânsal

ilişkinin ortaya konulması için Amasya Gökhöyük Tarım İşletmesi topraklarında bir çalışma yürütmüştür. Yaklaşık 1.750 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. Toprak kalite göstergeleri yöne bağlı değişim göstermemiştir. En yüksek değişkenlik mesafesi 1.981 m ile EC'de, en düşük değişkenlik mesafesi ise 1.054 m ile hacim ağırlığında belirlenmiştir. Kontrolsüz etki varyansı en yüksek üst toprak derinliğinde, en düşük elektriksel iletkenlikte görülmüştür.

Ankara'nın Güneyinde Soğulca havzasında, geleneksel yöntemler ve jeostatistiksel yöntemlerle elde edilen toprak erozyonu K (toprak erodibilitesi) faktörü haritaları karşılaştırılmış ve 93 toprak örneğinden krigleme içkestirim yöntemi ile elde edilen mekânsal dağılım sonuçlarının, klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. K faktörünün mekânsal değişkenliğinin arazi kullanımı ve arazi şekilleri ile değiştiği belirlenmiştir (Başkan ve Dengiz 2008).

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü (DATAE) Ilıca Deneme İstasyonu arazisindeki hububat üretim ve deneme alanlarında karşılaşılan toprak sıkışması probleminin profil derinlik penetrasyon ölçüleriyle belirlenmesi ve penetrasyon direnç değerlerine etki edebilecek toprak özelliklerinin saptanması ve dağılım paterninin ortaya konulması amacıyla yürütülen bir araştırmada Turgut (2008), toprakların ortalama penetrasyon dirençlerinde etkili olan toprak özelliklerinin üst ve sıkışmış toprak katmanı nem içerikleri, sıkışmış toprak katmanı kütle yoğunluğu, sıkışmış toprak katmanı organik madde içerikleri ve üst toprak katmanı silt içeriği olduğu belirtmiştir.

## **2.2 Jeostatistiksel Modellemede Örnekleme Aralığı ve Ölçeği ile İlgili Kaynaklar**

Mekânsal değişkenlik yapısının en uygun şekilde belirlenebilmesi için optimum bir örneklemenin nasıl yapılacağı, karşılaşılan en önemli sorunlardan biri olmakla beraber kesin bir çözümü de yoktur. Ancak yarıvaryogram modelleri ve hata varyansları yardımı ile bazı yaklaşımlar yapmak olanaksız değildir (Warrick ve Myers 1987).

Toprak özelliklerinin jeostatistiksel yarıvaryogram modellenmesi tarla ölçeğinden havza boyutuna kadar geniş bir ölçek yelpazesinde çalışma olanağı sağlamaktadır (Nash ve Daugherty 1990, Whelan vd. 1994, Blackmore vd. 2003).

En düşük krigleme varyansının elde edilmesinde örnekleme deseni ve ölçeği önemlidir. Örnekleme deseninde ise değişkenin anizotrop ya da izotrop olması varyans değerini değiştirir (Groenigen vd. 1999).

Toprak özelliklerinin haritalanmasındaki hassasiyet, örnekleme ölçeğine ve düzeneğine bağlıdır. Toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenliği de bu örnekleme düzeneğini etkilemektedir (McBratney ve Webster 1981, Domburg vd. 1997, Andronikov vd. 2000).

Toprak özelliklerinin hassas haritalandırılmasında örnek aralıkları mekânsal değişkenlik ölçeği ile uyumlu olmalıdır. Varyogram, örnekleme aralığını belirlemede iki şekilde kullanılabilir. Birincisi varyogram model sonuçlarıyla elde edilen yapısal uzaklığın yarısından biraz az bir uzaklık örnekleme aralığı olarak kullanılabilir. İkincisi ise varyogram krigleme eşitlikleriyle kullanılarak optimum örneklemeye, tolere edilebilir hata varyansına ulaşma yolu ile yapılabilir. Her bölgede, her toprak tipi ve her topografik yapı için yarıvaryogram parametreleri mevcut değildir. Ancak benzer ana materyal üzerinde oluşmuş bazı toprak özelliklerinin varyogramları var ise, bu varyogramlardan temsili ortalama bir varyogram oluşturulabilir. Bu varyogramların yapısal uzaklıklarının ortalamaları ve standardize edilerek üretilen varyogram bir örnekleme aralığı stratejisi belirlemede kullanılabilir (Kerry ve Oliver 2004).

Grid çözünürlüğünün seçimi kartografik istatistiksel kavramlara, ölçeğe, bilgisayarın bilgi işleme süresine, konumsal hassasiyete, mekânsal otokorelasyon yapısına ve arazinin karmaşık yapısına bağlıdır. İdeal bir grid çözünürlüğü henüz belirlenmiş değildir. Ancak gerçek ölçeğe veya girdi verilerinin doğasına uymayan bir ölçeği kullanmaktan da kaçınmak gerekir (Blackmore 2000, Hengl 2006).

Örnekleme yoğunlu, bazı jeoistatistiksel birleşik yardımcı veriler yardımı ile azaltılabilir. Kokrigleme ve regresyon-krigleme yöntemlerinde elde edilen yardımcı bazı parametreler ile krigleme interpolasyonu geliştirilebilir. Regresyon-krigleme, toprak tuzluluk tahminlerinin iyileştirilmesinde ve toprak örneklemesinin azaltılmasında yüksek tahmin hassasiyeti sağlamıştır (Li vd. 2007).

Özellikle toprak biliminde mekânsal değişkenliği yeterince açıklayabilmek için uygulanan yarı varyogram yönteminin, uygun aralıklarla örneklenmiş yaklaşık 100 nokta gerektirdiği konusunda genel bir kabul vardır. Ancak bu örnekleme sayısı tarım arazileri ve kirlenmiş alanlarda mekânsal değişkenliği yeterince açıklayabilmek için daha fazla sayıda olmak zorunda olabilir. Bu gibi durumlarda daha az örnek sayısını gerektiren maksimum benzerlik varyogram yöntemi bir alternatif olarak kullanılır (Kerry ve Oliver 2007).

Kuzey Çin bölgesinde geniş ölçekte 7 farklı toprak özelliğinin mekânsal dağılım parametreleri 5x5 km örnekleme aralığında belirlenmiştir. Organik madde, toplam N, toplam P, alınabilir P'da yüksek alansal bağımlılık, alınabilir K ve toplam K'da ise orta düzeyde alansal bağımlılık gözlenmiştir. Bu ölçekte OM, toplam N ve toplam P'un yapısal uzaklığı 1,037–1,353 km arasında değişirken, toplam K, alınabilir P ve alınabilir K'un yapısal uzaklıkları 6–138 km arasında değişim göstermiştir (Zhang vd. 2007).

### **2.3 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal Analizleri ile İlgili Kaynaklar**

Toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal-zamansal değişkenlikleri dört bitki gelişim süresince izlenmiş ve umulmadık değişimlerle karşılaşmıştır. Arazi boyunca sonbahardan bahara doğru gözlenen mekânsal-zamansal değişimler bir model ile tahmin edilememiştir. Bu nedenle kimi model tahminlerine göre yapılan sonbahar gübrelemesinin bir sonraki bahardaki bitki gelişimi için geçerliliği ve uygulanabilirliği de tartışmalı soruları doğurmaktadır (Hoskinson vd. 1999).

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler temel bileşen analizi ile belirlenmiş ve gruplar oluşturulmuştur. Bu gruplara göre *Pratylenchus* ve *Ditylechnus* türleri en genç doğal bitki örtüsü ile ilişkili bulunurken; *Helicotylenchus* ve *Scutellonema* ise daha yaşlı bitki örtüsü ile ilişkili bulunmuştur. Toprakta bazı bölgelerde ise bitki pestisitleri için uygulama bölgeleri belirlenmiştir (Manlaya vd. 2000).

Toprakta alınabilir P, K ve Mg'un Çekoslovakya'da Orthic Luvisol topraklara sahip bir arazideki mekânsal değişkenliğindeki zamansal değişim analizleri ve üç yıllık değerlendirme sonuçlarına göre, Mg'da % 4–23, P'da % 13–29 ve K'da % 15–49 arasında değişim olduğu gözlenmiştir (Štípek 2003).

Tarımsal uygulamaların toprak özelliklerinin değişkenliğine olan etkisi, Çin de büyük bölümü çeltik olan bir tarım arazisinde 12 yıl ara ile yapılmış olan iki örnekleme sonucu karşılaştırılarak belirlenmeye çalışılmıştır. 12 yıl sonraki değerler özellikle çeltik arazisinde OM'nin yüksek olan alansal bağımlı yapısında azalma olduğunu göstermiştir. Ancak krigleme yüzeyleri özellikle K, pH ve OM olmak üzere toprak özellikleri arasında benzerlik olduğunu göstermiştir (Sun vd. 2003).

Mısır bitkisi için ekonomik olan optimum N oranları, arazideki toprak özelliklerinin içsel ve çevresel faktörlerin etkileşimleri sonucu oluşan mekânsal-zamansal değişimlerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Mısır ekili arazide başta bünye olmak üzere toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğinin belirlenmesi, mekânsal gübre etkinliğinin yorumlanması hakkında değerlendirme yapmayı olanaklı kılacaktır (Mamo vd. 2003, Shahandeh vd. 2005).

Toprak elektriksel iletkenliği birçok faktörden etkilendiği gibi toprak nem tutma kapasitesini kontrol eden toprak kil içeriği ve dolayısı ile de toprak nem içeriğinden de direk etkilenmektedir. Bu nedenle toprak elektriksel iletkenliği toprak nem içeriğinin mekânsal-zamansal değişkenliğinin tespitinde iyi bir gösterge olarak kullanılabilir. Düşük yükselti bölgeleri tepe ve yamaçlara göre daha nemli olma eğilimindedir.

Çalışma sonucunda yağışlı yıllarda düşük yükseltelerde EC'nin yüksek olduğu daha nemli alanlar, kurak yıllarda yükselti arttıkça EC nin de azaldığı kuru alanlar gözlenmiştir. Bu nedenle de verim ile elektriksel iletkenlik ve yükselti arasındaki bu ilişki yardımı ile edilen bölgesel farklarla işletim zonları oluşturulabileceği belirtilmiştir. Bu işletim zonlarında yağışlı ve kuru yıllar dikkate alınarak farklı stratejilerle değişken oranlı gübre uygulaması yapılabileceği ifade edilmiştir (Delin 2005).

Toprak nem içeriği mekânsal yapı parametreleri zaman içinde değiştiğinden tek bir dönemde yapılan örnekleme ile arazideki toprak nem içeriğinin alansal bağımlılığı hakkında bir genelleme yapmak yeterli olmaz. Toprak nem içeriğinin mekânsal-zamansal değişimlerinin incelenmesi ve zaman içinde mekânsal değişim fonksiyonunun değişip değişmediğinin belirlenmesi gereklidir (Buttafuoco vd. 2005).

Toprak özellikleri arasındaki mekânsal-zamansal ilişkileri, örneğin mekânsal olarak alınabilir P seviyelerinin yüksek olduğu yerlerde alınabilir K ve N seviyelerinin ne durumda olduğu, zaman içinde nasıl değiştiğini belirlemek CBS mekânsal analizleri ile mümkün olabilmektedir. Bu değişkenliklerin belirlenmesi ile işletim zonlarını veren tek bir işletim haritası oluşturmak da mümkün olmaktadır (Berry 2008).

#### **2.4 Toprak Özelliklerinin Çok Değişkenli Mekânsal (Multivariate) Analizleri ile İlgili Kaynaklar**

Faktöriyel krigleme analizleri gibi çok değişkenli (multivariate) mekânsal yaklaşımlar, toprak parametrelerinin mekânsal ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Değişkenler arasındaki korelasyonun mekânsal ölçeğin bir fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini araştırmak ve ölçeğe bağlı değişen fiziksel süreçleri anlayabilmek için, bu yöntemler başarı ile kullanılmaya başlanmıştır (Goovaerts 1994).

Toprak ile ilgili yapılan önemli araştırmalardan biri de toprak kalite indekslerinin birlikte değerlendirilmesidir. Çok değişkenli istatistiğin eğitimsiz (unsupervised)

sınıflama yöntemi, temel bileşen analizi, toprak özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi ve verilerden daha anlamlı bilgi elde edilmesinde etkili bir araçtır (Sena vd. 2002).

Tarım arazilerinde organik gübre uygulaması toprak kalitesi ve ürün hastalıklarını iyileştirme de kullanılırken, toprak özellikleri ve sürekli organik gübre uygulamasından etkilenen üründeki hastalık şiddeti arasındaki ilişkiler tam olarak anlaşılammıştır. Madison'da toprak özellikleri, organik gübre uygulaması ve üründeki hastalık şiddeti arasındaki ilişkiler çok değişkenli analiz ve çok değişkenli regresyon yöntemlerinin birlikte uygulaması ile belirlenmeye çalışılmıştır. Topraktaki karbonunun hastalık şiddetine olan etkisinin, toplam N ve NO<sub>3</sub>-N'un öneminin arttığı değişim göstermesi, topraktaki karbon bağımlı ve N bağımlı sistemler arasında geçiş olduğunu göstermektedir (Rotenberg vd. 2005).

Birbirleriyle mekânsal bakımdan ilişkili olan, yoğun örnekleme sahip bir veri seti kullanılarak, toprak özelliklerinin mekânsal dağılım yapılarındaki hassasiyet, kiriging hata varyansları ve kokrigleme yardımı ile arttırılabilir (Baxter ve Oliver 2005).

Üst ve alt toprak katmanındaki toprak bünyesinin mekânsal değişkenliği ve toprak EC'sindeki mekânsal değişkenlik basit ko-krigleme yöntemiyle belirlenmiştir. Her iki toprak özelliğinin haritaları fuzzy k-ortalamları (FKM) eğitimsiz sınıflandırma yöntemi kullanılarak mekânsal sorgulama ile arazide üç farklı tarımsal işletim zonu elde edilmiştir (Vitharana vd. 2006)

Toprakta organik karbonun mekânsal değişkenliği ve organik karbon içeriği ile bakının mekânsal korelasyonu hakkında çok az şey bilinmektedir. Yinma nehrinin ikiye böldüğü çalışma alanında, nehrin batı bölgelerinde organik karbon içeriğinin yüksek mekânsal bağımlı iken, doğu bölgelerde düşük mekânsal bağımlı olduğu bulunmuştur. Ancak organik karbon içeriğindeki bu mekânsal değişkenlik, topografya ve arazi kullanımı mekânsal yapılarıyla da ilişkilidir (Liu vd. 2006).

Jeoistatistiksel bölgesel bileşenlerin sonuçlarının yorumlanması, ko-krigleme (ortak kestirim) analiz sonuçlarındaki belirsizliklerin geçerliliğine bağlıdır. Şartlı simulasyon yapısı, deneysel hatalar olmadan mekânsal dağılımların oluşturulmasında, farklı birçok dönüşüm fonksiyonundaki alana özgü belirsizliklerin üretilmesinde ve çok ölçekli çok değişkenli analizlerde mekânsal belirsizliklerin çalışılmasında oldukça yararlı olmaktadır (Larocque vd. 2006).

Çankırı'nın İndağı geçidindeki arazi kullanımı değişimlerinin, arazi bozunması üzerindeki etkileri, toprak erozyonu K faktörü ile ilişkilendirilerek araştırılmıştır. Birbirine komşu beş farklı arazi kullanımı (ekili arazi, mera, ağaçlık arazi, doğal bitki örtüsü ve rekreasyon arazisi) üzerinde yapılan varyasyon analizleri, toprak özelliklerinin ve K faktörünün istatistiksel olarak arazi kullanımındaki farklılıklar ile değiştiğini göstermiştir. Rekreasyon arazileri ile ekili arazi topraklarının, düşük organik madde içermesi ve düşük hidrolik iletkenliğe sahip olması nedeniyle su erozyonuna daha duyarlı oldukları belirlenmiştir (Bayramın vd. 2007).

Tarımsal işletim uygulamalarının toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek, tarla bazında verimdeki değişkenliği açıklamak için önemli bilgiler sağlayabilir. Illinois'de biri sürekli mısır yetiştirilen, diğeri ise soya ve mısır münavebeli iki farklı ürün yetiştirme sisteminde, 5 farklı N dozu uygulamalarının, toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ürün üzerindeki etkisinin çoklu analiz ve çoklu regresyon yöntemleriyle değerlendirilmesi sonucu, uzun dönemli N uygulamalarından en çok etkilenen toprak özellikleri sürekli mısır yetiştirilen sistemde belirlenebilirken, münavebeli ürün yetiştirme sisteminde toprak özellikleri, verim ve N arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Jagadamma vd. 2008).



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Araştırma alanının coğrafi konumu**

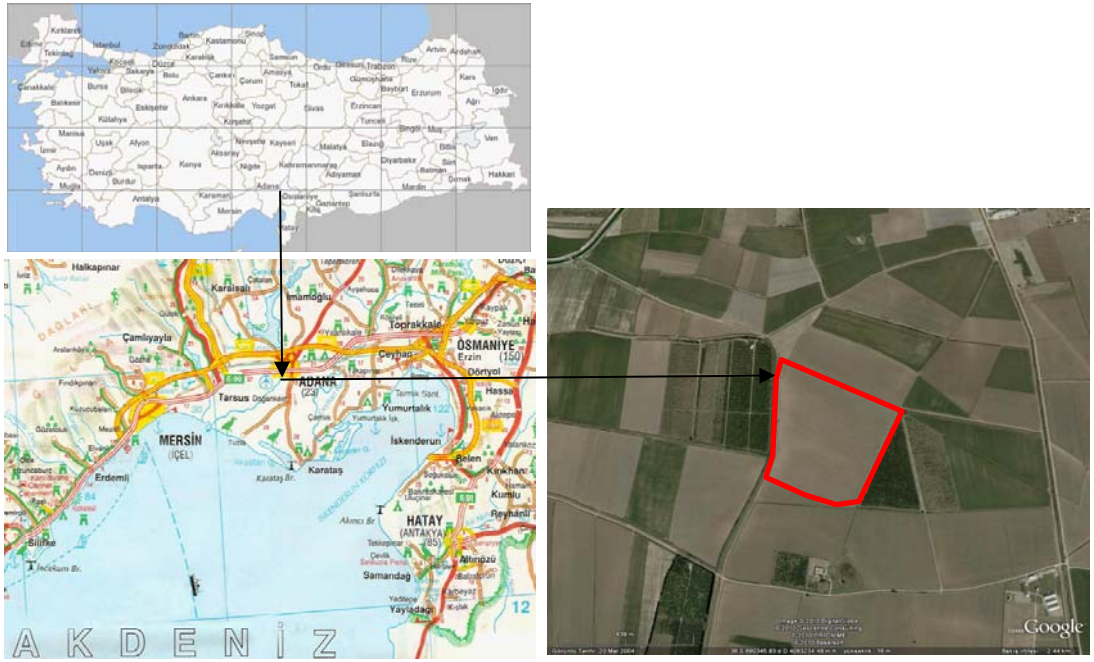
Araştırma, Çukurova'da Adana İlinin Yolgeçen köyünde çiftçiye ait bir tarım arazisinde yürütülmüştür. Yaklaşık 380 da alana sahip olan arazi alüviyal ve flüviyal topraklardan oluşmaktadır.

Araştırma alanı, 690190–690800 doğu boylamları ve 4092821–4093658 kuzey enlemleri arasında olup, Adana ile Tarsus karayolu üzerinde yer alan Yolgeçen Köyündeki Atgirmez mevkiindedir (Şekil 3.1).

##### **3.1.2 Genel iklim özellikleri**

Araştırma alanının bulunduğu bölgede tipik Akdeniz iklimi görülür. Yazlar, sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. En fazla yağış kış mevsimine rastlar. Bölgedeki yaz kuraklığı dinamik yüksek basınç alanlarının etkili olması ve bölgenin alçalıcı hava hareketlerinin etkisine girmesinin sonucudur. Kıyıdan itibaren Toroslara doğru yükselti arttıkça, sıcaklık düşmekte ve yağış miktarı artmaktadır.

Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü meteorolojik verilerine göre 1950–2008 yılları arasındaki yıllık yağış ortalaması 616,3 mm' dir. Yıllık buharlaşma miktarının uzun yıllar ortalaması ise 1.479 mm'dir. Uzun yıllar sıcaklık ortalaması 17,8 °C, en yüksek sıcaklık 43,0 °C ve en düşük sıcaklık ise -8,3 °C dolaylarındadır (EK 1, EK 2, EK 3 ve EK 4).



Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu

### 3.1.3 Araştırma alanı topraklarının etüt değerlendirmesi ve sınıflandırılması

Araştırma alanı Seyhan Deltası üzerinde, Seyhan Nehri'nin değişik zamanlardaki aktivitesi sonucu taşınan sedimentlerden oluşmuş alüviyal ve flüviyal orijinli toprakları kapsamaktadır. Toplam 380 da alanı kaplayan araştırma alanı Pleyistosen yaşlı sedimentleri üzerinde, çevresindeki arazilere göre nispeten ileri bir toprak oluşum evresine sahip ve bunun neticesinde zayıf bir Bw horizonu oluşumu ile morfolojik özellik kazanan Inceptisol toprak ordosunda yer almaktadır. ABC horizonlarını içeren topraklar orta derin olup katyon değişim kapasitesi  $39,4 - 16,2 \text{ cmol kg}^{-1}$  arasında değişmektedir. Organik madde miktarları % 1,70–0,55 arasında değişmekte ve herhangi bir tuzluluk, alkalilik ve yaşlık (drenaj) problemi bulunmamaktadır. Toprak profilinde yaklaşık 107 cm derinlikte ve 3–5 cm kalınlığında bir kum bandı bulunmaktadır. Taban suyu seviyesi 2 m'nin altındadır (Güçdemir vd. 2008).

Araştırma alanını temsil eden toprak profilinin taksonomik değerlendirilmesi, Keys to Soil Taxonomy (2003) ve FAO/UNESCO (1974)'e göre yapılmıştır. Çizelge 3.1'de verildiği gibi Entisoller'den daha ileri bir toprak oluşumu göstermeleri ve zayıf da olsa


bir Cambic (Bw) yüzey altı ve Ochric yüzey tanımlama horizonu içermeleri nedeniyle, araştırma alanı toprakları Inceptisol ordosunda değerlendirilmiştir. Toprak nem rejiminin Xeric olması nedeniyle Xerept alt ordosunda, diğer büyük gruplara benzememeleri nedeniyle Haploxerept büyük grubunda ve diğer alt gruplar içerisinde sınıflandırılmaması nedeniyle de Typic Haploxerepts alt grubu içerisinde değerlendirilmiştir (Güçdemir vd. 2008).

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi familya düzeyinde yapılan taksonomik değerlendirme sonucunda; yüzey horizonunun 1 m altında bulunan toprak katmanlarının ağırlıklı bünyesinin siltli kil olması, baskın bir mineraller grubundan oluşmaması ve sıcaklık rejiminin thermic olması sebebiyle; Siltli tınlı, Karışık (kireçli), Thermic, Typic Haploxerepts olarak sınıflandırılmıştır. FAO/UNESCO (1974) ‘e göre ise araştırma alanı toprakları, bir Cambic yüzey altı tanımlama horizonuna sahip olması nedeni ile Dystric Cambisol olarak değerlendirilmiştir (Güçdemir vd. 2008).

Çizelge 3.1 Çalışma alanındaki toprakların taksonomik sınıflandırılması  
(Güçdemir vd. 2008)

<b>KEYS TO SOIL TAXONOMY (2003)</b>						<b>FAO/ UNESCO (1974)</b>
Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup	Familya	Seri	
Inceptisol	Xerept	Haploxerept	Typic Haploxerept	Siltli tınlı karışık (kireçli), thermic	At girmez	Dystric Cambisol

Çizelge 3.2 Çalışma alanındaki toprakların morfolojik özellikleri ve profil görüntüsü (Güçdemir vd. 2008)

	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımlama
	A <sub>p</sub>	0–30	Kuru iken gri kahverengi (10YR 5/2 ), nemli iken koyu gri kahverengi (10 YR 4/2); killi; kuvvetli, orta, granüler toprak yapısı; kuru iken sert, sıkı, ıslak iken çok yapışkan, plastik; şiddetli köpürme; yaygın, orta, bol saçak kökler; belirgin düz sınır.
	B <sub>w</sub>	30–65	Nemli iken kahverengi (10 YR 4/3) ; killi tınlı; orta, orta, prizmatik-blok strüktür; kuru iken sert, sıkı, ıslak iken çok yapışkan, çok plastik; şiddetli köpürme; yaygın, ince, bol saçak kökler; geçişli, dalgalı sınır.
	BC	65–87	Koyu sarımsı kahverengi (10 YR 4/4) ; siltli kil; masif; kuru iken sert, sıkı, nemli iken az yapışkan, az plastik; şiddetli köpürme; az, ince seyrek kökler ve kazık kökler; belirgin düz sınır.
	C	87+	Koyu sarımsı kahverengi (10 YR 4/4); masif; kuru iken sert, sıkı, nemli iken az yapışkan, az plastik; şiddetli köpürme; az, ince seyrek kökler.

### 3.1.4 Coğrafya ve jeoloji

Çukurova’da, Akdeniz Bölgesinin en verimli tarım arazileri yer alır. Ova oldukça düz ve neredeyse engebesiz bir topografyaya sahiptir. Kuzeye gidildikçe Toros Dağları ve yüksek platolarla sınırlıdır. Toroslar, III. Jeolojik zamanda oluşmuş Alp – Himalaya sistemine bağlı genç kıvrım dağlarıdır (Usta ve Beyazçiçek 2006).

Bu bölgedeki ovalar, çöküntü alanlarında alüvyonların yığılması ile oluşmuş birikim alanlarıdır. Bu birikim alanlarından en önemlileri Çukurova delta ovası ile Hatay basenindeki Amik ovasıdır. Her iki ova da verimli olup önemli tarım alanlarımızdır.

Doğu Torosların güney kesimini oluşturan Adana baseni, Paleozoyik-Tersiyer aralığında çökelmiş sığ deniz çökelleri ile pelajik (derin deniz, >1.000 m) çökellerden oluşur. Adana baseninde, Adana ovasını oluşturan eski alüvyonlar ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyonlar ve flüviyal araziler bulunmaktadır. Eski alüvyonları delta oluşumları olarak kabul etmek de mümkündür (Usta ve Beyazçiçek 2006).

Seyhan ve Ceyhan akarsularının denize döküldüğü yerlerde çökelen birim verimli Çukurova'yı oluşturmaktadır. Genç alüvyonlar dere boylarında gelişmiş olup genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum ve mil malzemesinden oluşmuştur. Çakıl, kum ve milli malzeme başlıca, Toros orojenik kuşağının temel litolojisine bağlı olarak ofiyolit, değişik kireçtaşı türleri, radyolarit, çört, kuvarsit vb.den türemedir. Bu alüvyonlardaki çakıl, kum ve mil oranları derenin türüne göre değişim göstermektedir (Usta ve Beyazçiçek 2006).

Araştırma alanı, Senozoik jeolojik zamanın, Kuvaterner devrinde oluşum göstermiş olan Adana Baseni içindeki verimli Çukurova'nın alüvyal formasyonları üzerinde yer almaktadır.

### **3.1.5 Jeomorfoloji**

Adana ili sınırları içerisinde, değişik akarsu şekilleri ve bunların meydana getirdiği vadi yarmaları, dik yamaçlar, akarsuların yatak değiştirmesiyle oluşmuş küçük adacıklar ve ova kesiminde oluşmuş alüvyon yelpazeleri dikkati çeken morfolojik şekillerdir. Adana ili merkezi kuzey ve güney olmak üzere iki bölümde incelenir. Kuzey kısmı, aşınmadan dolayı iyice küçülmüş şerit ve adacıklar şeklinde yüzeylenen Geç (Post) Miyosen aşınım yüzeyleri ile yamaçlarda kayaç farklılıklarında oluşan selcik erozyonları, kaya düşmeleri, ova tabanına geçişli olarak aşınım ve birikim buzul birikintileri ile sırtlar ve dik yamaçlardan meydana gelir. Derelerle yarılmışlardır. Güney kesimi ise delta çökellerinin oluşturduğu alüvyonlar ile Seyhan nehrinin zamanla yatak değiştirmesinden oluşan geniş taşkın alanı, kopuk menderesler, lagünler, karasallaşmış lagünler, geçici ve daimi göller, burun seti depoları, kraveseler ile akarsu sekilerinden

oluşur (Usta ve Beyazçiçek 2006). Çalışma alanı da Çukurova'nın delta çökellerinin oluşturduğu alüvyonlarda yer almaktadır.

### **3.1.6 Hidroloji**

#### **3.1.6.1 Akarsular**

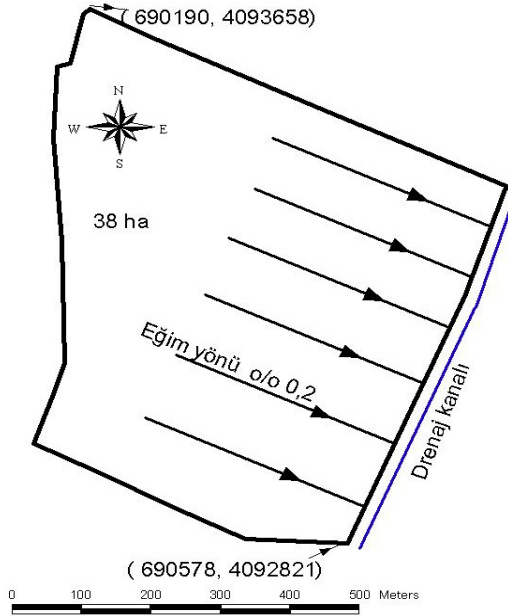
Adana ili sınırları içerisinde bulunan en önemli akarsular Seyhan ve Ceyhan nehirleridir. Araştırma alanındaki sulama suyu ise Seyhan barajından sağlanmaktadır. Bu iki nehir ve kolları, Toros Dağlarından getirdikleri sedimanlarla Türkiye'nin en verimli ovalarından biri olan Çukurova'nın oluşmasını sağlamışlardır. Seyhan nehri, İç Anadolu Bölgesinde Kayseri'nin Pınarbaşı ilçesinin Kuzeyinde Zamantı ırmağı olarak doğar. Adana ili sınırları içerisine girdiğinde, kuzeydoğudan Sarız'dan doğarak gelen Göksu ırmağı ile birleşerek Seyhan nehrini oluşturur. Seyhan nehrinin diğer önemli kolları ise Ulukışla'dan doğan Çakıt çayı, Karaisalı'nın kuzeyinden doğarak gelen Körkün çayı ve Eğlence çaylarıdır. Seyhan ve Çatalan barajlarını oluşturan Seyhan nehri Adana içerisinden geçerek ovaya girer, Adana-İçel sınırını oluşturduktan sonra Deli Burun'da Akdeniz'e dökülür. Toplam uzunluğu 569 km'dir (Usta ve Beyazçiçek 2006).

#### **3.1.6.2 Göller**

Araştırma alanının güneyinde Adana ili sınırları içerisinde doğal olarak oluşmuş göller mevcuttur ve bunlar Akdeniz kıyısında bulunan ve lagün nitelikli Tuz Gölü, Akyatan ve Ağyatan gölleridir. Bu göller Seyhan ve Ceyhan nehrinin taşımış olduğu sedimanların rüzgâr ve dalgalarla kıyıya paralel olarak taşınmasıyla oluşan kum tepeleri ile kara arasındaki çukurluklara deniz sularının dolması ile ortaya çıkmıştır. Oldukça sığ olan bu lagünlerin derinliği 80 cm civarındadır. Her üç lagün ve çevresi ile Seyhan ve Ceyhan nehrinin denize döküldüğü bölgeler, Orman Bakanlığı tarafından 'Yaban Hayatı Koruma Sahası' olarak belirlenmiştir (Usta ve Beyazçiçek 2006).

### 3.1.7 Araştırma alanındaki tarımsal uygulamalar

Çalışma alanı, Çukurova'nın yoğun tarım yapılan ve çoğunlukla yılda iki ürün alınan bölgesinde olmasına rağmen, sürekli mısır tarımı yapılan bu arazide yılda tek ürün alınmaktadır. Daha önce pamuk üretimi yapılan arazide çiftçiden elde edilen bilgilere göre, 10 yılı aşkın bir süredir yalnızca mısır yetiştirilmekte olup yılda ortalama 10–13 t ha<sup>-1</sup> verim alınmaktadır. Arazi 38 ha alana sahip, lazer teknolojisi ile tesviye edilmiş olup, eğim % 0,2 ile arazinin güneydoğusunda yer alan tersiyer drenaj kanalına doğrudur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Araştırma alanı

Hasattan sonra arazide anız bozma, goble ve toprak parçalayıcı ile sürme işlemleri yapılmaktadır. 15 Mart–15 Nisan arasında İsrail usulü sırta mısır ekimi yapılmaktadır.

Ekimle beraber 15–15–15 ya da 20–20–0 gübresinden 40–50 kg da<sup>-1</sup> taban gübresi uygulanmaktadır. Bitki 30–40 cm boylandığında, genelde mayıs ayının başında (iklime bağlı olarak) üst gübreleme olarak 45–50 kg da<sup>-1</sup> % 46'lık üre kullanılmaktadır.

Üst gübrenin verilmesinden sonra 12–14 gün arayla en az beş kez salma sulama yapılmaktadır.

Hasat ağustos ayının son haftası başlamakta ve eylül sonuna kadar hava koşullarına bağlı olarak devam edebilmektedir. Hasat sırasında biçerdövere takılan bir mekanizma ile saplar öğütülmekte ve tarlaya geri verilmektedir. Bu şekilde anız toprağa karıştırılmakta ve asla yakılmamaktadır. Ayrıca arazi 2–3 senede bir pullukla 35 cm işleme derinliğinde sürülmektedir.

### 3.2 Yöntem

Araştırma alanının sınırları, diferansiyel coğrafi konumlama sistemi (DGPS) ile belirlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri ortamında (CBS, ArcGIS) çizilmiştir. Bu sınırlar içerisinde arazide yapılan gözlemler doğrultusunda detayları aşağıda verilmiş olan düzenli grid yapılı toprak örnekleme sistemi oluşturulmuştur. Düzenekteki sisteme uygun örnek kodlaması yapılmış ve bu kodlar kullanılarak arazide DGPS ile koordinat ölçümü yapılmıştır. Paralel olarak da olası sapmaları önlemek ve örnekleme sistemini düzgün tutmak amacı ile kazık çakılarak metre ölçer ile örnek aralıkları ölçülmüştür. Başlangıç koordinatı (A1) ve bir sonraki noktaların A2 ve B1 koordinatları DGPS ile belirlenmiş ve daha sonraki örnekleme dönemlerinde referans noktaları olarak kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında örnekleme noktalarından alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC,  $\text{dS m}^{-1}$ ), pH, organik madde (OM, %), serbest karbonatlar (kireç,  $\text{CaCO}_3$ ), bünye (kum, silt, kil, %), toplam azot (tN,  $\text{mg kg}^{-1}$ ), alınabilir fosfor (aP,  $\text{mg kg}^{-1}$ ), alınabilir potasyum (aK,  $\text{mg kg}^{-1}$ ), kation değişim kapasitesi (KDK,  $\text{cmol kg}^{-1}$ ), bazla doyumluk yüzdesi (BDY, %) olmak üzere toprağın verimlilik ile ilişkili özelliklerinin laboratuvar analizleri yapılmış ve BDY haricinde toprak özelliklerinin mekânsal bağımlılık yapıları, ölçek ve zaman etkileri de dikkate alınarak irdelenmiştir. Bazla doyumluk yüzdesi değerleri 0,98-0,99 arasında homojen bir dağılım sergilediği için değerlendirmelere alınmamıştır.

Toprak özelliklerinin birbirleri ile olan ilişkileri temel bileşen analizi ile belirlenmiş ve katkı sağladıkları süreç bileşenleri elde edilmiştir.



Toprak verimlilik özelliklerinin farklı aralıklarla alınan örnekleri kullanılarak yarıvaryogram modellemeleri ile en uygun yarıvaryogram model parametreleri belirlenmiştir. Jeostatistiksel modellemeler GS+7 yazılımı yardımı ile yapılmıştır. Jeostatistiksel modelleme aşamasında her toprak özelliğinin örnek frekans dağılımı ve eklenik örnek dağılımı grafikleri incelenmiş olup, çarpıklık ve basıklık değerleri dikkate alınarak varyogram modellemesinde bir avantaj sağladığı görülen toprak özelliklerinde veri dönüşümü uygulanmıştır. Verilere uygulanan log-dönüşümü model parametrelerinin elde edilmesinde en uygun sonuçları vermiştir. Varyogram modellemesi dönüşüm verileri kullanılarak sağlanmış, ancak krigleme yüzeyleri ve çapraz doğrulama orijinal veriler kullanılarak yapılmıştır. 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 değerleri 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 geleneksel istatistik yöntemler kullanılarak karşılaştırılabilir. Standart hataların ortalaması sıfır ve varyansı 1'e eşit olmalı ve hatalar normal dağılım göstermelidir (Isaaks ve Srivastava 1989).

Toprak özelliklerine ait en uygun varyogram modeli, varyogram modeli regresyon katsayısının ( $VM_R^2$ ) en yüksek, regresyon katsayısının hata kareler ortalamasının (HKO) en düşük olduğu değerleri sağlayan aktif adım uzaklığı ve adım uzaklığı sınıfları arazinin büyüklüğü dikkate alınarak belirlenmiştir. Hesaplanan her varyogram sonrasında çapraz doğrulama yapılarak ölçülen değer ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkinin derecesine bakılmıştır. Çapraz doğrulama sonucunda değişkenlerde daha iyi varyogram oluşturabilmek için adım uzaklığı veya adım sınıfında ayarlamaya gidilmiştir. Ayırma uzaklığı veya sınıfının sonuç vermediği durumlarda ise uyumu bozan uç değerlerin atılması yoluna gidilmiştir. Bu uygulamalardan sonra uygun varyogram modelleri oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak her bir toprak özelliğine ilişkin kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ), yapısal varyans ( $C_0+C$ ), yapısal uzaklık (YU) gibi varyogram parametreleri hesaplanmıştır.

Varyogram modellemesinde uzaysal koordinatların ana ekseninin bulunduğu azimut açısı ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ) değiştirilerek ve anizotropi varyogram haritası incelenerek toprak özelliklerinin anizotropiye sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda aP dışında toprak özelliklerinin değişik azimut açılarında yönün bir fonksiyonu olarak değiştiği ve geometrik anizotrop bir davranış sergilediği gözlenmiştir. En uygun yarıvaryogram model kalibrasyonu, varyogram model parametrelerinin ( $C_0$ ,  $C_0+C$ , h, aktif adım uzaklığı, model tipi) değiştirilmesi suretiyle yapılmıştır. Anizotropik varyogram modellemesinde ana eksen yani majör yapısal uzaklık yönünde  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kalibre edilmiş, aynı kontrolsüz etki varyansı ve yapısal varyans değerleri ile minör yapısal uzaklık yönündeki yarıvaryogram modellenmiştir. Toprak özelliklerinin çoğu için Gauss modeli en iyi uyumu sağlarken aP ve EC için küresel,  $CaCO_3$  için de üslü model örnek çiftleri ile en iyi uyumu sağlamıştır.

Jeoistatistiksel modellemelerde elde edilen yarıvaryogram parametreleri kullanılarak ArcGIS CBS yazılımında ortalamalı nokta krigleme (ordinary kriging) yöntemi orijinal veriler üzerinden haritalar oluşturulmuş ve mekânsal sorgulamalar yapılmıştır.

Dinamik toprak özelliklerinden tN, aP, aK, OM ve EC'nin mekânsal yapı değişkenliğinde dönemsel olası değişimleri gözlemleyebilmek üzere, 2006–2007 yıllarında 7 dönem örnekleme yapılmıştır. Bu dönemler ekim ve taban gübresi öncesi (I), taban gübresi sonrası (II), üst gübre ile ilk sulama sonrası (III) ve hasat sonrası (IV) dönemidir. Zaman içinde olası mekânsal değişimler ilk yıl ekim öncesi, hasat sonrası ve ikinci yıl ekim öncesi ve hasat sonrası dönemleri arasındaki mekânsal raster oranlama yapılarak belirlenmiştir.

### 3.2.1 Toprak örnekleme sistemi

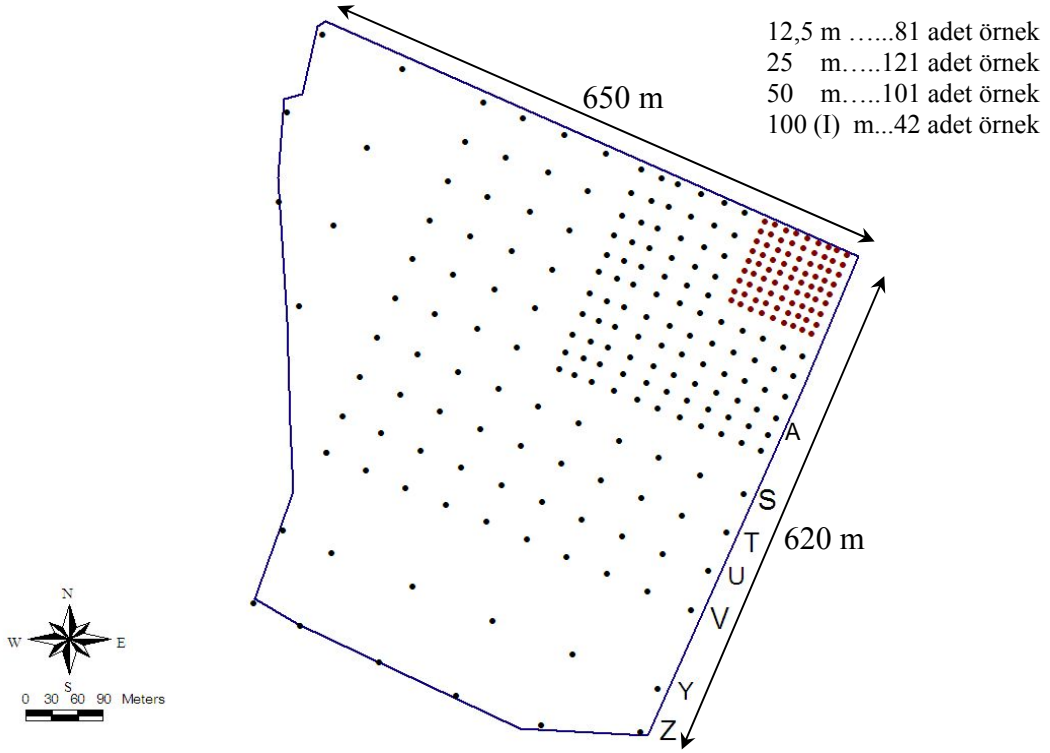
#### 3.2.1.1 I. Örnekleme

Örnekleme düzeneğinin oluşturulması için daha önce yapılmış olan arazi değerlendirmelerinden yararlanılarak amaçlı (directed) örnekleme yapılmıştır (Pocknee vd. 1996).

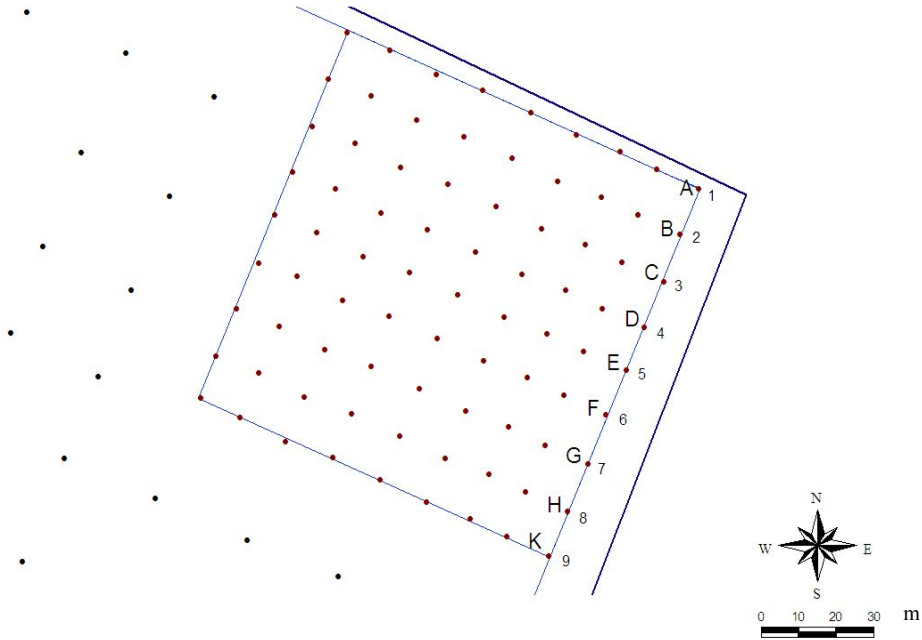
Örnekleme optimizasyonu ve ölçeğin mekânsal değişkenliğe olan etkisinin irdelenmesi amacıyla dört farklı ölçekte örnekleme düzeneği oluşturulmuştur. Sınırları DGPS ile koordinatlandırılmış ve sayısallaştırılmış olan araştırma alanına, koordinatları DGPS ile ölçülmüş, başlangıç noktaları belirlenmiş ve toprak örneği alma yerleri 12,5 m, 25 m, 50 m, 100 m aralıklarda, düzenli grid sisteminde, grid düğüm noktalarına yerleştirilmiştir (Şekil 3.3).

Örnekleme, arazi işleme derinliği olan 0–30 cm'den yapılmış ve 2006 ve 2007 I. örnekleme dönemleri için toplam 520 adet örnek toplanmıştır. 12,5 m örnek aralığında 81, 25 m örnek aralığında 121, 50 m örnek aralığında 101 ve 100 m örnek aralığında 42 adet toprak örneği toplanmıştır.

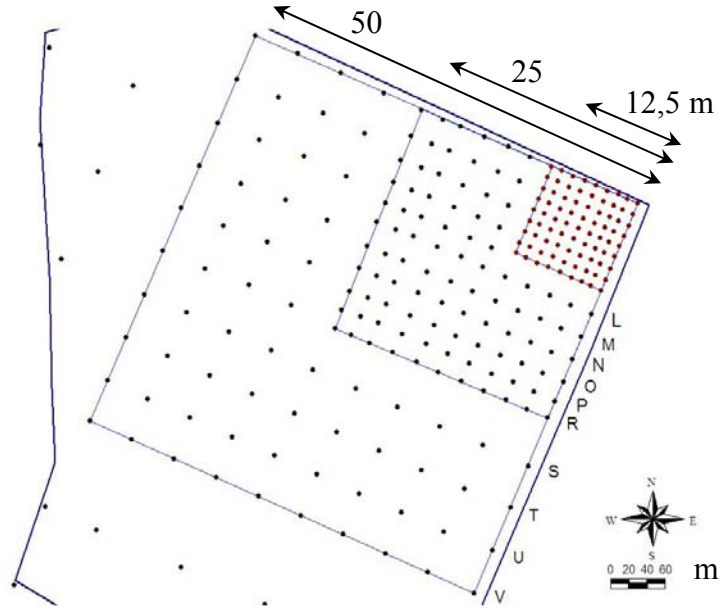
Örnekleme düzeneğinin yapısı gereği her ölçekte ortak örnekler mevcuttur (Şekil 3.3). Şekil 3.3-3.5' de verilmiş olan örnekleme düzeneklerine göre metre ölçer ile ölçüm yapılarak örnekleme noktalarına kazıklar çakılmış ve kazıkların bulunduğu noktalardan 0–30 cm derinliğinde örnekleme yapılmıştır. Örneklerin etiketlendirmesinde satırlar harf, sütunlar rakamla temsil edilmiştir. Örneğin, A sırasında ilk örnek A1 ve son örnek A21; Z sırasının ilk örneği Z1 ve son örneği Z6'dır. Bu etiketlendirme arazide örnek alırken, analizlerde ve değerlendirmelerde örnek numaralarının ve takibinin yapılmasında kolaylık sağlamıştır.



Şekil 3.3 Genel I. dönem örnekleme düzeneği



Şekil 3.4 12,5x12,5 m I. dönem örnekleme düzeneği



Şekil 3.5 25x25 m ve 50x50 m I. dönem örnekleme düzeneği

### 3.2.1.2 Örnekleme dönemleri

Örnekleme dönemleri ve alındığı tarihler çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3 Toprak örnekleme dönemleri

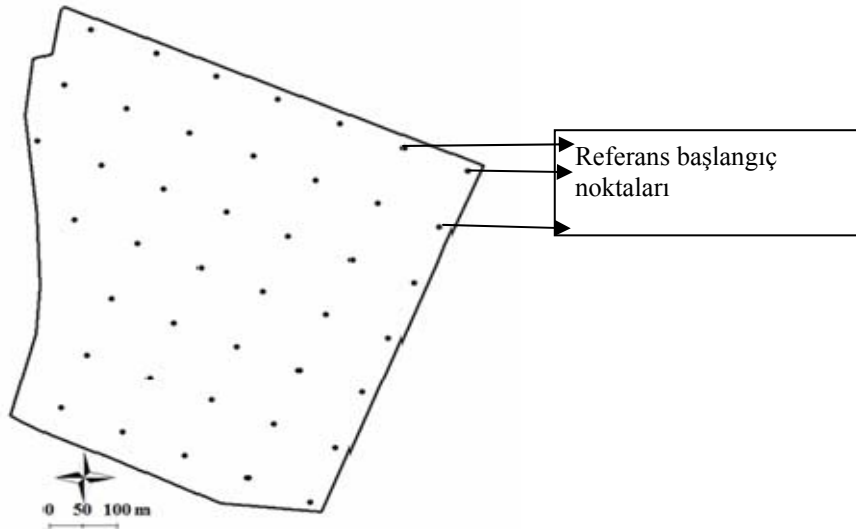
Örnekleme dönemi	Toplam örnek sayısı (724 adet)	2006	2007
I. dönem- Ekim ve taban gübrelemesi öncesi	520 adet	23 Mart	16 Mart
II. dönem - Üst gübreleme öncesi	42 adet	10 Mayıs	-
III. dönem - Üst gübreleme ve 1. sulama sonrası	36-42 adet	6 Haziran	2 Haziran
IV. dönem- Hasat sonrası	42-42 adet	12 Eylül	6 Eylül

Örnekleme dönemleri arazide yapılan tarımsal uygulamalar esas alınarak belirlenmiştir. Bu uygulamalar “ekimle beraber taban gübrelemesi, üst gübreleme, sulama ve hasat” işlemleridir. Örnekleme dönemleri, araştırma alanında yapılan tarımsal uygulamaların öncesini ve sonrasını kapsayacak biçimde düzenlenmiştir.

2006 yılı III. dönem örnekleme arazi koşullarının engellemesi nedeni ile eksik alınmış (36 adet) ve 2007 yılının II. dönem örnekleme ise uygun olmayan hava koşulları (sürekli yağış) nedeni ile yapılamamıştır (Çizelge 3.3). Dinamik parametrelerin mekânsal değişkenliğindeki olası zamansal değişim oranları bu dönemlerde değerlendirilmemiştir.

Dönemsel örnekleme yapmak için, ekimden önce örnekleme başlangıç noktası ve sonraki ilk noktalar DGPS ile koordinatlandırılmak suretiyle her dönem örnekleme için başlangıç referans noktaları olarak kullanılmıştır. Arazi koşullarında farklı dönemlerde yaklaşık aynı noktalardan örnekleme yapılabilmesi için buna benzer belirgin bir sistemin olması gerekmektedir.

Referans başlangıç noktalarından itibaren 100 m aralıklarla kazıklar çakılmış ve kazıkların bulunduğu noktalardan toplam 42 örnek alınmıştır (Şekil 3.6). Dönemsel yapılan örneklemelemlerde temel amaç, arazideki tarımsal uygulamaların niteliğine bakılmaksızın bazı dinamik toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğinde zamansal bir değişim olup olmadığını incelemek olmuştur.



Şekil 3.6 100x100 m II., III. ve IV. dönemin örnekleme düzeneği

### 3.2.2 Laboratuvar analizleri

*Toplam azot:* Bremner (1965) tarafından bildirildiği gibi Kjeldahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

*Alınabilir fosfor:* Olsen vd. (1954) Toprakta bulunan fosforun 0,5 M sodyumbikarbonat (pH 8,5) çözeltisi ile çözeltiye geçirilmesi, çözeltiye geçen fosforun mavi renk oluşturan bir ortamda bağlanıp indirgenmesi ve elde edilen mavi rengin yoğunluğunun spektrofotometrede okunmasıyla belirlenmiştir.

*Alınabilir potasyum:* Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde 1,0 N amonyum asetat (pH 7,0 ) ile ekstrakte edilerek ve süzüğe geçen miktar alev fotometresi ile okunarak belirlenmiştir.

*Organik madde:* Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde modifiye edilmiş Walkley Black metoduna göre  $FeSO_4$  ile titre edilerek saptanmıştır.

*Toprak reaksiyonu:* Richards (1954)'de belirtildiği gibi su ile doygun toprakta cam elektrotlu pH-metre ile okunmak suretiyle saptanmıştır.

*Serbest karbonatlar:* Çağlar (1958), tarafından tarif edildiği şekilde Scheibler kalsimetresi kullanılarak serbest karbonatlar tespit edilmiştir.

*Bünye (kum, silt, kil):* Toprakların kum, silt ve kil yüzde oranları, Uzunoğlu (1992) tarafından bildirildiği şekilde ıslak elemeli Bouyoucos metoduna göre hidrometre yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

*Kasyon değişim kapasitesi:* Rhoades (1986) da bildirildiği şekilde pH'sı 8,2'ye ayarlı sodyum asetat (NaOAc) ve 1N amonyum asetat ( $NH_4OAc$ ) kullanılarak yapılmıştır.

*Elektriksel iletkenlik (EC):* Elektriksel iletkenlik aletinde su ile doymun toprağın elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir (Richards 1954).

*Bazla doymunluk yüzdesi:* Rhoades (1986), ya göre toplam bazik katyonların ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ) katyon değişim kapasitesine ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ) yüzde oranı şeklinde hesaplanarak belirlenmiştir.

### **3.2.3 Jeostatistiksel modelleme ve mekânsal analizler**

Toprak özelliklerinin mekânsal yapı değişkenliği, jeostatistik teorisiyle açıklanabilmektedir. Jeostatistiksel yöntemlerde yarıvaryogram modellemesi, ölçek ve değişkenlik deseninin yönden bağımsız olarak açıklanmasını sağlayan bir araçtır. Örneklem noktaları arasındaki bağımlılık veya mekânsal korelasyon derecesi, yakın noktaların birbirine uzak olan noktalara göre daha benzer olduğu ilkesiyle yarıvaryogram modelleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Webster ve Oliver 1990). Araştırma kapsamında uygulanan jeostatistiksel modelleme akış diyagramı Şekil 3.7’de görülmektedir.

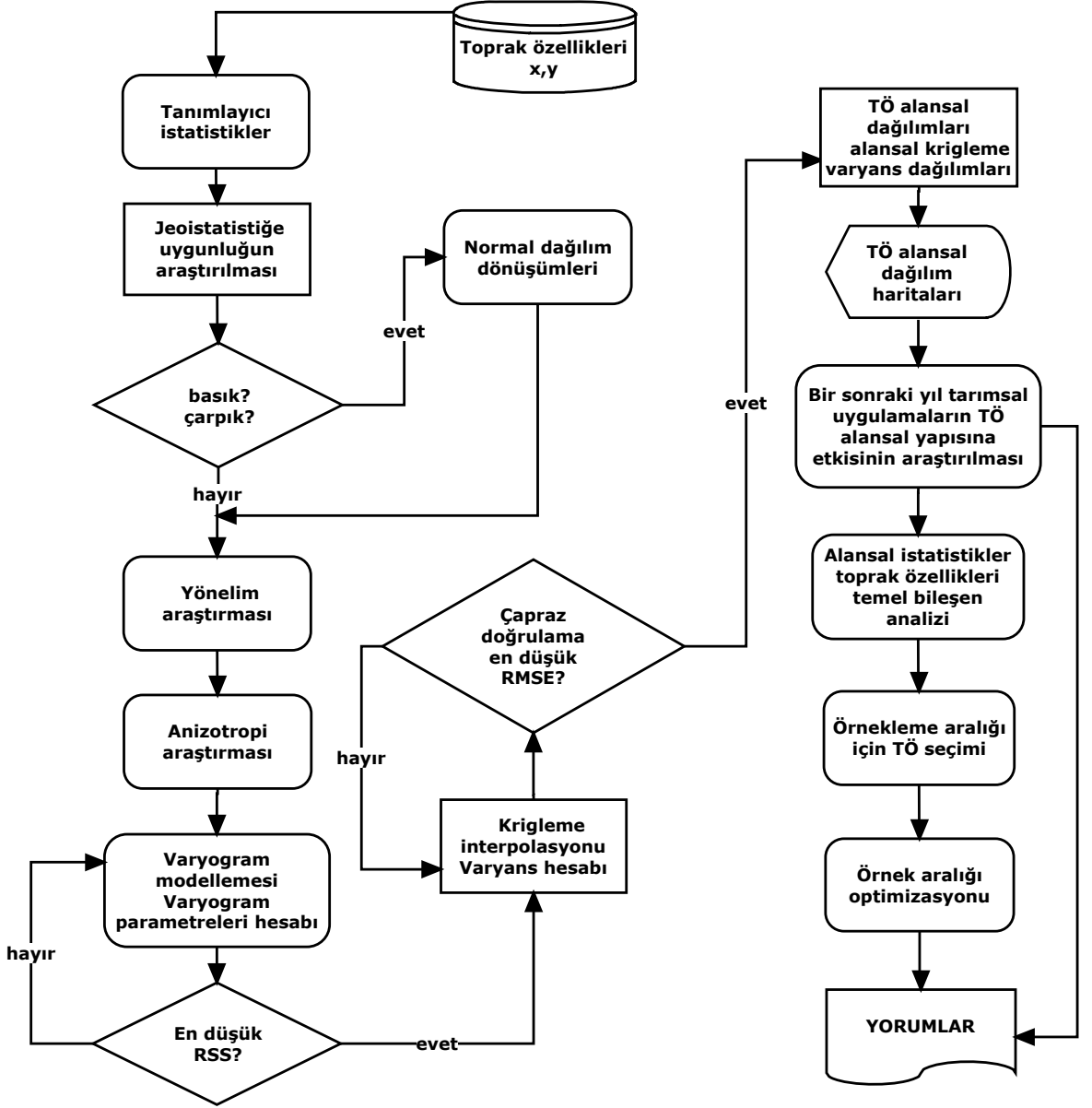
#### **3.2.3.1 Bölgesel değişkenler teorisi**

Bölgesel değişkenler terimi, belli bir yapıyı gösteren mekânsal ve zamansal devamlılık gösteren olayları açıklamak için Matheron (1963) tarafından ileri sürülmüştür. Yersel ve zamansal devamlılığı karakterize eden bir değişkene bölgesel değişken denir. Aslında atmosfer, yüzey veya yeraltını açıklayan ve bir koordinatla ifade edilebilen özelliklerin tümü bölgesel değişken olarak düşünülebilir (Delhomme 1978).

Matematiksel açıdan bölgesel değişken, çalışılmakta olan doğal bir olayın  $z$  özelliğinin  $x$  noktasındaki bir, iki ya da üç boyutlu değerini veren bir  $z(x)$  fonksiyonudur. Ancak sığ bir gözlem kuyusundaki günlük değişen su seviyesi değerleri ya da bir tarlada yapılan toprak örnekleme ile elde edilmiş farklı toprak özellikleri (N, P, pH, vb.) gibi



örnekler, bu fonksiyonların mekânsal ve zamansal davranışlarının alışılmış analitik yöntemlerle açıklanamayacak kadar oldukça karmaşık olduğunu göstermektedir.



TÖ: toprak özelliği

RSS(HKO): regresyon katsayısının hata kareler ortalaması

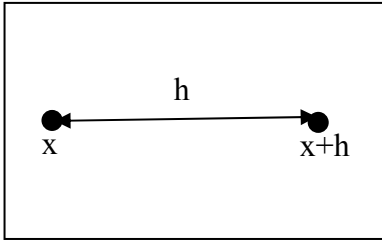
RMSE(ÇDSH): çapraz doğrulama standart hatası

Şekil 3.7 Araştırma kapsamındaki jeoistatistiksel modellemenin akış şeması

Bölgesel değişkenler teorisinin iki önemli avantajı bulunmaktadır. Yararlı uygun bir matematiksel ifade ile doğal bir olayın mekânsal yapı özelliklerini açıklamak için teorik temeller oluşturmak ve çeşitli problemlerin çözümü için pratik bir tahmin yöntemi sağlamak.

Rastlantı fonksiyonlarının olasılık teorilerini kullanarak bölgesel değişkenleri açıklamak, hem kavramsal hem de pratik bakımdan uygundur.  $z(x)$  ile gösterilmiş bir bölgesel değişken böylece;  $z(x)^*$  ile gösterilen bir rastlantı fonksiyonunun gerçekleşmesi (realizasyonu) olarak yorumlanır. Bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri durağan rastlantı fonksiyonlarının olasılık çatısı altında modellenir. Önce alanda her  $x$  noktasında bir  $z(x)$  rastlantı değişkeni tanımlanır ve bu noktadaki değer  $z(x)$  rastlantı değişkeninin değeri olduğu kabul edilir. Örnekleme alanındaki tanımlanmış olan rastlantı değişkenlerinin tümü bir rastlantı fonksiyonunu oluşturur ve bölgesel değer de rastlantı değişkeninin aldığı bir değer şeklinde ortaya çıkar.

Bölgesel değişkenler lokal olarak çok düzensiz buna karşın global ölçekte yapı gösteren bir davranış sergilerler (Tercan ve Saraç 1998).



Şekil 3.8 İki nokta arasındaki adım (lag) uzaklığı

Bölgesel değişkenler kavramındaki temel yaklaşım, Şekil 3.8’de görüldüğü üzere  $x$  noktasının  $z(x)$  ve  $x+h$  noktasının  $z(x+h)$  rastlantı değişkeni fonksiyonları arasındaki ilişkinin, bu noktalar arasındaki  $h$  uzaklığına bağlı olduğu varsayımdır. Bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı ilişkisini belirlemek için jeostatistik teorisi altında varyogram, kovaryans ve korelogram kullanılmakta olup bunlar arasında en çok varyogram kullanılmaktadır (Tercan ve Saraç 1998).

### 3.2.3.2 Varyans

Ortalama değer, bir olasılık dağılımını tek başına temsil etmek için yeterli değildir. Bir dağılım fonksiyonunu yeterli bir şekilde karakterize etmek için değerlerin ortalamadan olan sapmasını, varyansını da belirlemek gerekir. Varyans aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$Var(z) = E[(z-\mu)^2] \quad (3.1)$$

Burada;

$\mu$  : rastlantı değişkenlerin ortalaması,  
 $z$  : rastlantı değişkenidir.

Aynı ortalamaya sahip fakat farklı yayılım gösteren olasılık dağılımları olabilmektedir. Bu fark, değerlerin yayılımındaki farklardan kaynaklanmaktadır (Tercan ve Saraç 1998).

### 3.2.3.3 Uzaklığa bağlı ilişki fonksiyonu (Varyogram)

Rastlantı değişkenlerinin tanımlandığı noktalar arasındaki uzaklık ile bu noktalardaki değerler arasında bir ilişki vardır. Uzaklık azaldıkça değerler birbirine benzer, arttıkça benzerliğin azalması beklenir. Yani bölgesel değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur (Webster ve Oliver 1990). Jeostatistiğin en gcl yanlarından biri yarı varyogram nedeniyle değişkenlerin tahmini için bir ereve sağlamasıdır. Nitekim jeostatistik en iyi doğrusal tarafsız tahmin edici (the Best Linear Unbiased Estimator, BLUE) olarak da tanımlanmıştır (Journel ve Huijbregts 1978, Clark 1979, Rendu 1980).

Bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri varyogram fonksiyonu ile ortaya konur. Varyogram fonksiyonu, birbirinden  $h$ , adım (lag) uzaklığı ile ayrılmış iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın varyansıdır. Yarıvaryogram ise bu varyansın yarısıdır. Bu fonksiyonun bilinmesiyle, değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etkili olduğu uzaklık sayısal olarak belirlenebilir.

Varyogram temel eşitliği aşağıda verilmiştir.

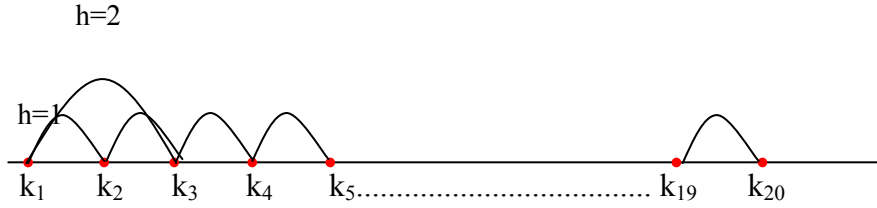
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (z(x) - z(x+h))^2 \quad (3.2)$$

Burada;

- $\gamma(h)$  : varyogram fonksiyonu  
 $h$  : adım uzaklığı (lag)  
 $\gamma(h)$  :  $h$  uzaklığı için yarıvaryans  
 $z(x_i)$  :  $x$  noktasında ölçülmüş örnek değeri  
 $z(x_i+h)$  :  $x+h$  noktasında ölçülmüş örnek değeri  
 $N$  :  $h$  adım uzaklığı için örnek çiftlerinin toplam sayısıdır.

Farklı adım uzaklıklarında ( $h=1$  birim,  $h=2$  birim)  $k_i$  örnek noktaları için varyogram

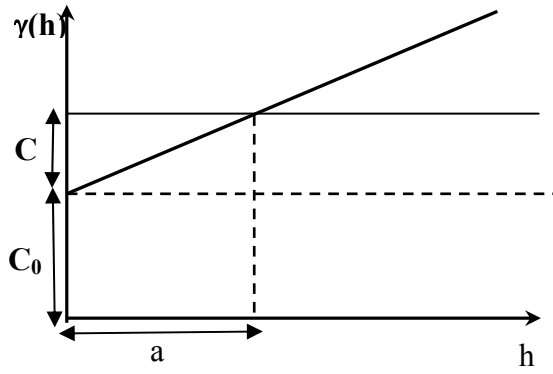
hesaplaması aşağıda açıklanmıştır.



$h=1$  birim ise;  
 $\gamma_{(1)} = 1/2 \times 1/19 [(k_1-k_2)^2 + (k_2-k_3)^2 + (k_3-k_4)^2 + \dots + (k_{19}-k_{20})^2]$  (3.3)

$h=2$  birim ise;  
 $\gamma_{(2)} = 1/2 \times 1/18 [(k_1-k_3)^2 + (k_2-k_4)^2 + (k_3-k_5)^2 + \dots + (k_{18}-k_{20})^2]$  (3.4)

şeklinde varyogram tüm adım (lag) uzaklıkları için hesaplanır. Yarıvaryogram her zaman pozitif değer alır. Çünkü iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın karesi olarak (varyansı) olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi bir yarıvaryogram grafiğinde  $h$  (adım uzaklığı),  $C_0$  (kontrolsüz etki varyansı),  $C$  (yapısal varyans),  $a$  (yapısal uzaklık) parametreleri en uygun yarıvaryogram modelinin seçiminde kullanılmaktadır.



Şekil 3.9 Yarıvaryogram grafiği ve kontrolsüz etki ( $C_0$ ) varyansı

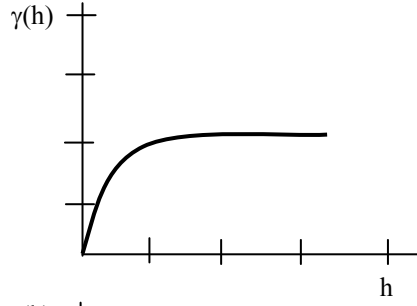
Teorik olarak  $h=0$  olduğunda varyogramın değeri sıfıra eşittir ( $\gamma(0)=0$ ). Bununla beraber uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği minimum sınır uzaklık vardır. Bu minimum sınır uzaklık örnekleme deseninde birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Bu uzaklıktan daha küçük aralıklarda değerler arasındaki farkın değişimi noktasal veri olmadığından belirlenemez ve bu durum varyogramın orijininde bir süreksizliğe (0'dan farklı bir pozitif değer almasına) neden olur. Orijindeki bu süreksizliğin diğer nedenleri de örnekleme ve analiz hatalarıdır (Tercan ve Saraç 1998, Clark 2001). Eğer aynı noktadan iki örnek alınsaydı bu iki örnek değerleri arasında örnekleme ve analiz hatalarından dolayı az da olsa bir fark olurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını (Şekil 3.9) birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve varyogramda bu durum kontrolsüz etki (külçe) (nugget) varyansı ( $C_0$ ) olarak temsil edilmektedir (Tercan ve Saraç 1998)

Varyogram grafiğinde önemli bir kaç özellik vardır. y eksenini standartlaştırılmış varyans ve x eksenini ise adım (lag) uzaklıkları diğer bir deyişle örnek çiftleri arasındaki uzaklık sınıflarıdır.  $h$ 'in oldukça kısa adım (lag,  $h$ ) uzaklığındaki yarıvaryansı küçüktür, fakat örnek örnek çiftleri arasındaki uzaklıkla bu varyans artar. Genel olarak ideal bir yarı varyogramda, örnekleme çiftleri arasındaki mesafe arttıkça ( $h, 2h, 3h, \dots, nh$ ) varyans değeri de artar ve belli bir noktadan sonra az yada çok sabit bir değere ulaşır (Öztaş 1995). Yapısal uzaklık ( $a$ , range) mesafesinde, yapısal varyans (sill) olarak adlandırılan ( $C+C_0$ ) asimptotik bir varyans değeri seviyesinde kalır. Bu durum, yapısal uzaklık dışında kalan  $z$  değerlerindeki varyansın mekânsal olarak ilişkilendirilemeyeceği anlamına da gelir.

Yapısal uzaklık içinde  $z$  değerinin değişimi, örnek çiftlerinin birbirine çok yakın olduğu zaman daha küçük olur (Oliver 1999).

Mekânsal ilişkileri açıklayan esas parametreler, kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ , nugget), yapısal varyans (Sill,  $C+C_0$ ) ve yapısal uzaklıktır (range,  $a$ ). Kontrolsüz etki varyansı tekrarlanabilir hatayı ya da varyogram merkezindeki süreksizliği belirtir. Birbirine yakın olan değerler benzer seviyede olurlar. Yüksek kontrolsüz etki varyans etkisine karşılık daha yumuşak bir grid yüzeyi elde edilir. Yapısal uzaklık, mekânsal ilişkinin sağlandığı maksimum uzaklığı temsil eder. Yani yapısal uzaklık içindeki değerler birbirleri ile ilişkilidirler. Böylece yapısal uzaklık mesafesinden daha uzakta olan değerlerin, interpolasyonda etkili olmayacağı için dikkate alınması gerekli olmamakla beraber, eğer  $C_0$  değeri yüksek ise, yapısal uzaklıktan daha büyük mesafelerdeki örneklerin de kestirimde hala etkili olacağı unutulmamalıdır. Varyogram sadece tam kontrolsüz etki (pure nugget) varyansı olduğunda, bütün örnekler aynı ağırlığa sahip olacaktır. Eşik yapısal uzaklıktan daha büyük değerler için varyogram değerini gösterir ve tüm varyansı temsil eder (Webster ve Oliver 1990). Yarıvaryogramı açıklamak için farklı matematiksel modeller ve eşitlikleri kullanılmaktadır (Şekil 3.10 a, b, c, ç, d).

Toprak parametrelerinin mekânsal dağılımı aşağıda verilmiş olan modellerden hangisi ile uyumlu ise, mekânsal değişkenlik parametreleri o model ile belirlenir. Toprak özelliklerinin çoğu için Gauss modeli en iyi uyumu sağlarken aP ve EC için küresel,  $CaCO_3$  için de üslü model örnek çiftleri ile en iyi uyumu sağlamıştır. Uygun yarıvaryogram modelin belirlenmesi için çapraz doğrulama analizlerinin yarıvaryogram modellemesi ile paralel yapılması gereklidir. Çapraz doğrulama analizi, yarıvaryogram modellemesi ile elde edilen mekânsal değişkenlik parametrelerinin alanı temsil edip etmeyeceğinin test edilmesini sağlayan nicel bir göstergedir. Çapraz doğrulama hata varyansı, yarı varyogram model parametreleri kullanılarak tahmin edilen değerler ve gerçek değerler arasındaki ilişkinin düzeyini veren bir hata varyansı göstergesidir (Webster ve Oliver 1990).

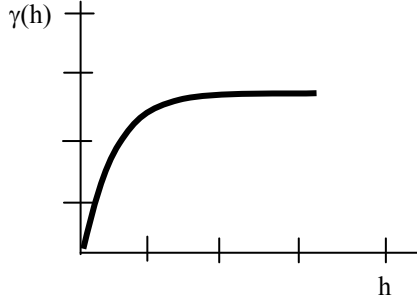


$$\gamma(h) = c_0 + c \left( \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$\gamma(0) = 0$$

a. Küresel



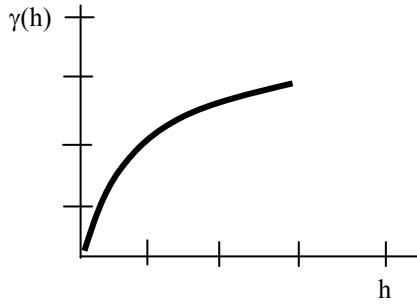
$$\gamma(h) = c_0 + c \left( 1 - \frac{2}{\lambda} \cos^{-1} \left( \frac{h}{a} \right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{a^2}} \right)$$

$$0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$\gamma(0) = 0$$

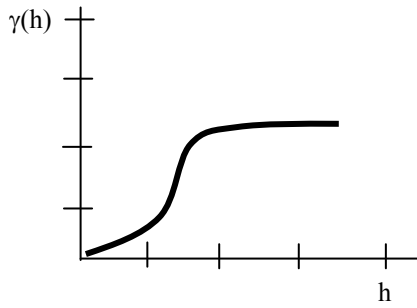
b. Dairesel



$$\gamma(h) = c_0 + c \left( 1 - \exp \left( -\frac{h}{a} \right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

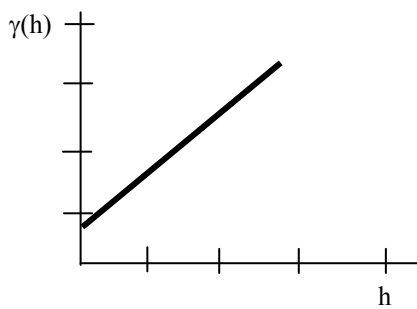
c. Üslü



$$\gamma(h) = c_0 + c \left( 1 - \exp \left( -\frac{h^2}{a^2} \right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

ç. Gauss



$$\gamma(h) = c_0 + c \left( \frac{h}{a} \right) \quad 0 < h \leq a$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > a$$

$$\gamma(0) = 0$$

d. Doğrusal

$C_0$  : kontrolsüz etki (külçe) varyansı

$C$  : kısmi varyans,  $C_0$  ile varyogramın en yüksek değeri arasındaki varyans

$a$  : yapısal uzaklık, varyogramın en yüksek uzaklığı

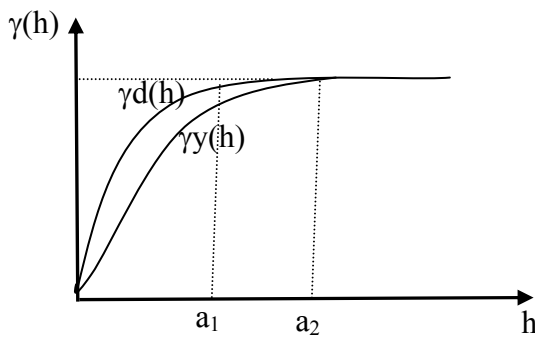
$h$  : örnek noktaları arasındaki adım (lag) mesafesi

Şekil 3.10.a. Küresel, b. Dairesel, c. Üslü, ç. Gauss, d. Doğrusal yarıvaryogram modelleri

Bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farklar değişkenin benzerlik derecesini ortaya koyduğundan, uzaklığa bağlı ilişkiyi incelemek de önemlidir. Bu farkların karelerinin yarısı  $\frac{1}{2} [z(x_1)-z(x_2)]^2$ , farkların alındığı uzaklığa  $(x_1-x_2)$  karşı grafiğe çizildiğinde varyogram bulutu elde edilir (Chauvet 1982).

Varyogram bulutu, örnek noktası çiftlerinin varyogramdaki dağılımını gösterir ve varyogramda uyumsuz örnek çiftlerinin belirlenmesinde yardımcı olur. Uyumsuz örnek çiftleri değerleri bu yolla kontrol edilebilir, varsa hatalar düzeltilebilir ya da varyogram analizinden çıkartılabilir. Yarıvaryogram modelleri oluşturulurken varyogram bulutları elde edilmiş ve örnek noktası çiftleri kontrol edilmiştir.

Bölgesel değişkenler izotrop (yöne bağımsız) ya da anizotrop (yöne bağımlı) değişim gösterirler. x yönde birbirine yakın iki noktada ölçülen değerler arasındaki fark, ortalama olarak y yönde aynı uzaklıkta ölçülen değerler arasındaki farktan daha düşük veya yüksek olabilir. Böylece yöne bağlı olarak eşik varyans değerine ulaşma mesafeleri de değişebilir (Şekil 3.11). Yani x yönündeki yapısal uzaklık, y yönündeki yapısal uzaklıktan daha uzun veya daha kısa olabilmektedir. Anizotropiye bağlı olarak seçilecek krigleme yöntemi de değişebilmektedir. Bu nedenle deneysel yarıvaryogram modellemesi yapılırken anizotropi de kontrol edilmektedir (Webster ve Oliver 1990, Tercan ve Saraç 1998).



Şekil 3.11 Varyogramda anizotropi özelliği

Anizotropinin yönü ve derecesi varyogramı çeşitli yönlerde hesaplayarak belirlenir. Varyogramı dört ana yönde (0°, 45°, 90°, 135°) hesaplamak çoğu zaman yeterli olmaktadır. Eğer bu varyogramlarda yapısal uzaklık yönün bir fonksiyonu olarak



değişiyorsa incelenen değişkenin geometrik anizotrop olduğu söylenir. Yapısal uzaklık aynı kalıp eşik varyans değerleri değişiyorsa bu durumda varyogram zonal anizotropik özelliktedir (Tercan ve Saraç 1998). Nitekim çalışma kapsamında toprak özelliklerinde farklı oranlarda geometrik anizotropi gözlenmiştir. Eğer anizotropi yoksa çok yönlü (omnidirectional, 90°) yarıvaryogram örnek çiftleri sayısını arttırmak için tercih edilmektedir (Webster ve Oliver 1990).

### **3.2.3.4 Krigleme içkestirim (interpolasyon) yöntemi**

Araştırma kapsamında toprak verimlilik özelliklerinin mekânsal dağılım haritaları, yarıvaryogram modellemesi ile elde edilen mekânsal değişkenlik parametreleri kullanılarak ortalama nokta (ordinary) krigleme içkestirim yöntemiyle elde edilmiştir.

İçkestirim (interpolasyon), bir alanda mevcut veri noktaları yardımı ile veri noktası mevcut olmayan alanlardaki değerlerin tahmini işlemidir. Toprak özellikleri için uygun yarıvaryogramlar uygun modelle üretilmiş ve daha sonra model parametreleri kullanılarak krigleme içkestirim yüzeyleri oluşturulmuştur.

Krigleme, alana dağınık yayılmış bir Z noktaları dizisinden bir yüzey oluşturmak için kullanılan yaygın bir jeostatistik yöntemidir. Noktasal Z değerlerinden mekânsal dağılımları belirler. Başka bir deyişle, düzensiz konumlanmış noktasal Z değerleri yardımı görsel olarak uygun yumuşatılmış eşdeğer ve yüzey haritalarını elde etmeyi sağlar. Bu Z değeri eşyükselti verileri olabileceği gibi toprakta bulunan kimyasal bileşenler, yağış, buharlaşma gibi noktasal ölçümlerle elde edilmiş veriler de olabilmektedir. Mekânsal değişkenlikler yarıvaryogram analizleri yardımı ile belirlenmektedir. Krigleme içkestirim yöntemi; dairesel, üslü, Gauss ve doğrusal yarıvaryogram metotlarını desteklemekte ve toprak özelliğinin mekânsal değişkenliğinin hangi yönteme uygun olduğunu çapraz doğrulama yöntemi ile ve varyans yüzeyleri ile test etme olanağı da sağlamaktadır (Clark 2001). Krigleme içkestirim yüzeylerinde anizotropi oranına bağlı olarak anizotropinin giderilmesi sonucu değişim olmakta ve ya benzer kalabilmektedir (Wackernagel 2002). Nitekim çalışma

kapsamında gözlenen geometrik anizotropi oranının yüksek olmamasından dolayı izotrop yüzeylerle benzer yüzeyler elde edilmiştir. Krigleme, varyogram kullanılarak bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır (Webster ve Oliver 1990). Toprak özelliği  $Z$ 'nin;  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$  örnekleme noktalarında ölçülmesi durumunda bilinmeyen nokta olan  $z(x_1)$  değeri,  $z(x_2), \dots, z(x_n)$  verilerinin ağırlıklı ortalamasıyla aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$x(B) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (3.5)$$

Burada;

$Z^*(x_1)$  : tahmini hesaplanan  $x$  bölgesel değişken noktası

$n$  : bölgesel komşuluk içindeki örnek noktaları,

$z(x_i)$  : örnekleme noktaları

$\lambda_i$  : ise ağırlıklardır. Ağırlıklar, toplamları 1 olan, yansızlığı sağlamak ve tahmin varyansını minimize etmek için seçilir. Burumda eşitlik aşağıda gösterildiği gibi olur:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (3.6)$$

Uygun bir matematiksel eşitlikle uyumlandırılmış deneysel bir yarıvaryogram bir kez elde edildiğinde, yarıvaryogram parametrelerini kullanarak krigleme ile yüzey alan değerlerini hesaplamak, verilen bir amaç için güvenilir ve etkili bir örnekleme şeması tasarlamak ve mekânsal yapı değişkenliğini yorumlamak mümkündür (Webster ve Oliver 1990) .

Çapraz doğrulama ölçülen değerler ile krigleme sonucu tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi gösterdiği gibi yapılan tahminin doğruluğu hakkında da bilgi vermektedir. Çapraz doğrulama sonucu ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark hata olarak tanımlanır. İyi bir krigleme tahmininde hata ortalamasının sıfır, hata kareler ortalamasının da düşük olması beklenir. Çapraz doğrulama hataları önemli mekânsal bilgiler içermektedir. Çapraz doğrulama sonucu bulunan hatalar ile bir mekânsal dağılım çalışmasında tahminlerin zayıf kaldığı bölgeler hakkında fikir edinilebilir (Isaaks ve Srivastava 1989, Başkan 2004, Sağlam 2008).

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 ve Srivastava 1989, Sağlam 2008). Çalışma kapsamında toprak özelliklerinin ölçülen ve hesaplanan örnek değerleri arasında genel olarak iyi bir korelasyon elde edilmiştir.

### **3.2.4 Mekânsal değişkenlik yapısı üzerine örnekleme ölçeğinin etkisi**

Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlik ölçeği ve çözünürlüğü, birçok faktörün etkisi altında nedenlerinin karmaşık olduğu bir değişim göstermektedir. Ancak toprak özelliklerinin mekânsal değişkenlik ölçeği hakkında bilgi, jeostatistiksel modelleme yardımı ile belirlenebilmektedir. Toprak özelliklerindeki değişkenlik örnekleme sıklığına ve ölçeğe bağlıdır. Değişkenliğin bu bağımlı yapısı, bir toprak özelliğinin tüm mekânsal yapısının çok aşamalı örnekleme yöntemi kullanmadan belirlenmesini zorlaştırmaktadır (Journel ve Huijbregts 1978, Wackernagel 2002). Nitekim birçok araştırmacı bu konu üzerinde çalışmış ve toprak özelliklerinin her birinin birbirinden farklı ölçeklerde mekânsal değişkenlik gösterdiğini belirlemiştir (Atkinson 1996, Whelan vd. 1996).

Bu çalışma kapsamında dört farklı örnekleme aralığındaki noktaların hepsi (12,5 m, 25 m, 50 m, 100 m) örnekleme ölçek etkisini dikkate almak amacıyla bir veri seti olarak kullanılmış ve mekânsal yapı parametreleri belirlenmek üzere toprak özellikleri jeostatistiksel olarak modellenmiştir. Her toprak özelliği için en uygun model parametreleri, krigleme yüzeyleri ve buna bağlı olarak da toprak özellikleri için minimum örnekleme sayısı belirlenmeye çalışılmıştır.

### 3.2.5 Mekânsal-zamansal analizler

Bir arazinin farklı dönemlerdeki toprak özellikleri haritalarının karşılaştırmasının ve jeoistatistiksel sorgulamalarının yapılabilmesi için aynı ölçek özellikleri kullanılarak içkestim yapılması gereklidir (Oliver 1999). Bu doğrultuda dönemsel karşılaştırmalarda kullanılmak üzere gerekli ana bilgiler kaydedilmiştir. Bu bilgiler alan büyüklüğü, ürün cinsi, toprak özelliği, örnekleme dönemi, içkestim yöntem özellikleri, grid boyutu, yarıvaryogramın kontrolsüz etki varyansı – adım - yapısal varyans parametreleri gibi özelliklerdir.

Toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliği uzun yıllardır tartışılmakta ve toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğine bağlı olarak işletim zonlarının oluşturulması ve değişkenliğin işletilmesine yönelik teknikler geliştirmeye çalışılmaktadır (Pokrajac vd. 2002). Son yıllarda toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenliğin zamansal olarak izlenmesi çalışmaları da ağırlık kazanmıştır. Delin (2005) toprak elektriksel iletkenliğinin mekânsal değişkenliğindeki zamansal değişimleri farklı dönemlerde örnekleme yaparak belirlemiş ve EC ile toprak nemi ve verim arasında önemli ilişkiler bulmuştur. Bu çalışma kapsamında da toprak özelliklerinin mekânsal-zamansal değişimlerinin benzerlikleri ortaya konmuştur.

Bu çalışma kapsamında bazı dinamik toprak verimlilik parametrelerinin (tN, aP, aK, OM, EC) mekânsal değişkenliği ve mekânsal değişkenlikte meydana gelen zamansal değişimlerin tahmin edilebilir olup olmadığı da araştırılmıştır. Bitki gelişim dönemindeki bu zamansal değişimin yorumlanması, etkili faktörlerin çeşitliliği ve interaksiyonu açısından oldukça güçtür (Pokrajac vd. 2002). Tüm bu zorluklara rağmen üzerinde hala çalışılmakta olan toprak özelliklerinin zamansal-mekânsal değişimleri bu çalışma kapsamında da belirlenmeye çalışılmıştır. Toprak verimlilik özelliklerindeki zamansal-mekânsal değişimler, bitki gelişim dönemi ile hasat dönemi arasındaki süreçte ve hasat ile ekim dönemleri arasındaki süreçte değerlendirilmiştir (bkz. Çizelge 3.3).

Arazide 7 farklı zamanda yapılmış olan örneklemelemlerle dinamik toprak özelliklerinin zamansal değişimi coğrafi bilgi sistemlerinde mekânsal analizlerle değerlendirilmiştir. Bu çalışma için tN, aP, aK, OM ve EC' nin iki yılda ekim öncesi ve hasat sonrası dönemleri olmak üzere farklı zamanlarda yapılmış olan örneklemelemlerin haritaları kullanılarak ve raster oranlama yapılarak değişim alanları belirlenmiştir. Buna göre dönemler arasındaki oran, (zD)'nin 1 e eşit olduğu değişmeyen alanlar, zD'nin 1'den küçük olduğu azalma alanları, zD'nin 1'den büyük olduğu artma alanlarının zamana bağlı değişimi belirlenmiştir. Çalışma bir çok farklı uygulamaların yapıldığı tarım arazisinde olmasına karşın tN, aK, ve OM mekânsal yapısının zaman içerisinde bir değişime uğramaması dikkat çekmiştir.

### **3.2.6 Çok-değişkenli (multivariate) mekânsal analizler**

#### **3.2.6.1 Temel bileşen analizi (TBA)**

Toprak verimlilik özellikleri birbirleri ile farklı etkileşimler göstermekte ve aralarında açıklanması oldukça güç karmaşık ilişkiler bulunmaktadır. Bu karmaşık yapı nedeni ile benzer mekânsal değişkenlik yapısı gösteren toprak özellikleri olduğu gibi, farklı mekânsal değişkenlik yapısı gösteren nitelikler de ortaya çıkabilmektedir.

Son yıllarda değişken oranlı gübreleme ya da mekânsal değişkenliğin tarımsal işletimi üzerinde çok sayıda çalışma yürütülmüştür (Pierce ve Nowak 1999). Toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenliğin, değişken oranlı tarımsal işletiminin yapılabilmesi için, homojen işletim zonlarının oluşturulması gereklidir (Ortega vd. 1999). Bu zonlar verim haritaları yardımı ile belirlenebildiği gibi, farklı toprak verimlilik özellikleri arasındaki etkileşim ve katkı sağladıkları fiziksel sürecin belirlenmesiyle, yani temel bileşen analizi ve kümeleme (cluster) yöntemi ile de değerlendirilebilmektedir (Ortega vd. 2007).

Araştırma kapsamında sadece 2006 yılının I. dönem toprak örneklemelemlerindeki 11 toprak verimlilik özelliği temel bileşen analizi yöntemi ile değerlendirilmiş ve toprak

özellikleri, katkı sağladıkları bileşenlere göre gruplandırılarak mekânsal değişkenlikleri karşılaştırılmıştır. Araştırma kapsamında belirtilen tüm toprak özellikleri sadece bu dönemde değerlendirildiği için temel bileşen analizlerinde bu dönem seçilmiştir.

Temel bileşen analizi (TBA) bir özellikler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu özelliklerin doğrusal birleşimleri vasıtasıyla açıklayarak, boyut indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir (Wackernagel 1998). Yöntemde karşılıklı ilişki yapısını gösteren, ölçüm sayısı (n) olan (p) adet özellik; doğrusal, ortogonal ve birbiriyle ilişkisiz olma özelliklerini taşıyan (k) tane yeni değişkene dönüştürülmektedir. TBA, başlıca amacı aralarında ilişki bulunduğu düşünülen çok sayıdaki değişken arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırmak üzere daha az sayıdaki temel boyuta indirgemek veya özetlemek olan, bir grup çok değişkenli faktör analiz tekniğine verilen genel isimdir. Diğer bir ifade ile aralarında ilişki bulunan çok sayıda değişkenden oluşan bir veri setine ait temel faktörlerin (ilişkinin yapısının) ortaya çıkarılarak araştırmacı tarafından veri setinde yer alan kavramlar arasındaki ilişkilerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olmak amaçlanmaktadır. Birbirleri ile ilişkili özellikler gruplandırılarak yeni bir bileşenle ifade edilirler. Her bileşen fiziksel bir süreci temsil eder ve bu bileşene katkıda bulunan özellikler de bu süreç içinde değerlendirilirler (Wackernagel 1998).

Etkin bir TBA analizinin, toplam veri setini en iyi temsil edebilen ancak mümkün olduğunca az sayıda faktörden oluşan bir çözüm olması arzu edilen özelliktir. İyi bir faktör analizi sonucunun hem basit hem de yorumlama becerisinin iyi olması arzu edilir. Faktör analizi çeşitli aşamalardan oluşan bir analiz tekniğidir ve TBA analizinde yer alan ve çalışma kapsamında değerlendirilen aşamalar aşağıdaki biçimde özetlenebilir (Wackernagel 1998, Shlens 2005).

***Korelasyon/kovaryans matrisinin oluşturulması:*** TBA analizinin ilk aşaması analiz sürecinin başladığı aşama olup, bu aşamada korelasyon/kovaryans matrisi oluşturulur. Korelasyon/kovaryans matrisi TBA analizinde yer alan değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren bir matristir. Eğer değişkenlerin varyansları birbirinden çok farklı ise ya da

değişken değerleri arasında birimsel büyük farklılıklar varsa TBA analizinde korelasyon matrisi kullanılması daha mantıklıdır (Shlens 2005). Nitekim bu araştırma kapsamında toprak özelliklerinin değerleri arasında birimsel büyük farklılıklar olması nedeniyle temel bileşen analizi yapılırken korelasyon matrisi kullanılmıştır.

***Faktör sayısına karar verme:*** Bir diğer aşama ise, söz konusu veri seti için faktör analizinin uygun olduğuna karar verdikten sonra, oluşturulan korelasyon/kovaryans matrisi baz alınarak, faktör çözümünü ortaya koymak amacıyla uygun bir faktör çıkarma (oluşturma) yönteminin seçilmesi ve başlangıç çözümünün oluşturulmasını kapsamaktadır.

***Faktör eksen döndürme (Factor rotation)*** Başlangıç faktör analizi (başlangıç faktör matrisi) çözümüne ulaşıldıktan sonra ortaya çıkan faktörlerin yorumlanması ve isimlendirilmesini kolaylaştırmak için faktörleri temsil eden eksenlerde çeşitli dönüşümler veya eksen kaydırmaları yapma yoluna gidilerek bileşenler belirlenmeye çalışılır (Wackernagel 1998, Webster ve Oliver 2001).

Temel bileşen matrisi faktörler cinsinden standardize edilmiş değişkenleri ifade eden katsayıları içerir. Bu katsayılar faktör yükleri olarak adlandırılıp, değişkenlerle bileşenler arasındaki korelasyonları temsil eder. Mutlak değer olarak faktör yükü büyüklüğünün artması, değişken ve bileşenin birbiriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Wackernagel 2002).

Birinci yılda yapılmış olan I. örnekleme dönemi için temel bileşen analizi SPSS 15 istatistik yazılımı (Andy 2005) kullanılarak yapılmıştır. Orijinal verilere “varimax” dönüşümü uygulanarak bileşenler belirlenmiştir. Noktalardaki bileşen varyans yükleri değerlerine jeostatistiksel model uygulanarak yarı varyogram modeli ve noktalardaki bileşen varyans yüklerinin mekânsal dağılımları haritalandırılmış ve toprak özelliklerinin mekânsal dağılımları ile karşılaştırılmıştır.

Varimax dönüşümü, istatistikte temel bileşen analizinde ve faktör analizinde kullanılan bileşen varyanslarının maksimize edildiği koordinatları döndürme yöntemidir. Özdeğer

vektörlerinin döndürüldüğünde, ortogonal kalmasını sağlar ve koordinat eksenlerinin bileşeni oluşturan varyans toplamlarının olabildiğince yüksek kaldığı bir pozisyona getirmek için kullanılır. İncelenen parametrelerin yüksek korelasyonlu olanları bir bileşeni oluşturur ve parametrelerin korelasyonlarına göre sonuç sıfıra yaklaşır. “Varimax dönüşümü” yüksek korelasyonlu parametre gruplarının aynı bileşeni nasıl oluşturduğunun bir ölçüsüdür (Kaiser 1958). Bu yolla oluşan bileşenlerin yorumlanmasını daha olanaklı kılar. Her örnek verisinin sadece birkaç temel fonksiyonunun doğrusal bir kombinasyonla açıklandığı bu yöntem aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$R_{\text{VARIMAX}} = \arg \max_R \left( \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^k (\Lambda R)_{ij}^4 - \frac{\gamma}{p} \sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^p (\Lambda R)_{ij}^2 \right)^2 \right) \quad [7]$$

Burada;

R: korelasyon matrisi

P: ortonormal dönüşüm matrisi (Kaiser 1958).

$\gamma$ : varyans

Varyans yükünü maksimize etmek için orijinal bileşenlerin uzaysal dönüşümü sağlanır (Kaiser 1958).

$$\boldsymbol{\gamma} = \sum (q_{j,\ell}^2 - \bar{q}_{j,\ell}^2)^2 \quad [8]$$

Burada;

$q_{j,\ell}^2 = j$ 'ninci değişkenin  $\ell$  bileşenine olan varyans kareler yükü

$\bar{q}_{j,\ell}^2 =$  varyans kareler yükünün ortalaması

Çalışma kapsamında varimax dönüşümü kullanılarak toprak özelliklerinin bileşenleri oluşturduğu varyanslar maksimize edilmiş ve toprak özellikleri gruplandırılmıştır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Mekânsal Değişkenlik Yapısı Üzerine Örnekleme Ölçeğinin Etkisi

#### 4.1.1 Tanımlayıcı İstatistikler

Jeoistatistiksel modelleme çalışmasından önce, veri setindeki frekans dağılımı ve bu frekans dağılımı üzerinden dağılımın merkezi eğilimi (ortalama, medyan), merkeze göre yayılımı (standart sapma, varyans, varyasyon ya da değişkenlik katsayısı (DK) ve dağılımın şekli (çarpıklık ve basıklık) incelenmiştir. Gerektiği durumlarda normal dağılımı sağlayabilmek için veri dönüşümleri yapılmıştır (Webster ve Oliver 2001, Webster 2001).

Veri setindeki veri sayısı arttıkça popülasyona ve veri dağılımı olarak da normal dağılıma ve popülasyonun temsil edici kısmına yaklaşılmış sayılır. Eğer popülasyondaki örnekler birbirinden çok aykırı ise örnekler arasında konumsal bağımsızlık vardır ve bu veri setine uygulanan jeoistatistik, diğer yöntemlerle benzer sonuçlar vererek önemli bir avantaj sağlamaz (Joanes ve Gill 1998). Nitekim 2006 yılının I. örnekleme döneminde EC veri setinde benzer bir durum gözlenmiş, örnekler arasında konumsal bağımlılık gözlenmemiştir.

Araştırma alanında 2006 yılında tarla uygulamalarına bağlı olarak dört dönem ve 2007 yılında üç dönem olmak üzere toplam 7 dönem toprak örnekleme yapılmış ve analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri değerlendirilmiştir. Her yılın I. dönem örnekleme desenindeki toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler I. dönemin 12,5x12,5 m 25x25 m, 50x50 m ve 100x100 m'lik örnekleme aralıklarında değerlendirilmiş ve örneklenen alan büyüklüğü, örnek sayısı ve ölçeğin değişkenlik katsayısına (DK) olan etkileri incelenmiştir.

#### 4.1.1.1 2006 yılı I. örnekleme dönemi (2006-Ekim öncesi) farklı örnekleme ölçeklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Toprak özelliklerinin 2006 yılı I. örnekleme dönemindeki, farklı örnekleme aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri çizelge 4.1- 4.4 de verilmiştir. Çizelge 4.1-4.4 incelendiğinde örnekleme alanı büyüdükçe varyans değerlerinin de arttığı görülmüştür. Örnekleme alanı büyüdükçe, birim alana düşen örnek sayısı azalmakta ve buna bağlı olarak da varyans değeri artmaktadır. Ancak OM EC ve aP’de bu artışlar belirgin olarak gözlenmemiştir. Varyanstaki bu artma eğilimi, varyansın uzaklıkla değişiminin nicel bir ifadesi olan varyogram modellerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 4.1 2006 yılı I. örnekleme döneminde 12,5x12,5 m tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 0,01 ha, örnek sayısı: 81)

	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	25,2	1.025	6,65	542	1,49	3,1	38,1	58,7	0,400	7,77	30,5
<b>ORTANCA</b>	25,8	1.000	5,24	537	1,55	3,00	38,0	59,0	0,380	7,77	30,6
<b>StdS</b>	0,7	101,3	3,4	58,8	0,3	1,1	1,4	2,0	0,1	0,1	1,7
<b>DK</b>	2,5	9,9	51,3	10,8	18,4	36,2	3,6	3,4	25,3	0,8	5,6
<b>BASIKLIK</b>	5,3	1,5	-0,2	1,5	-0,4	-0,6	-0,1	0,2	9,2	0,7	0,4
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,4	0,4	0,9	0,9	-0,5	0,6	-0,1	-0,5	2,7	-0,5	-0,6
<b>VARYANS</b>	0,42	10.262	11,6	3.455	0,08	1,32	1,89	3,98	0,01	0,004	2,95
<b>EN YÜKSEK</b>	28,3	1.380	15,70	763	2,10	6,0	41,0	62,0	0,900	7,91	33,8
<b>EN DÜŞÜK</b>	23,0	800	1,70	434	0,80	1,0	34,0	53,0	0,300	7,57	24,8

DK: Değişkenlik katsayısı, StdS: Standart sapma, tN: Toplam azot, aP: Alınabilir fosfor, aK: Alınabilir potasyum

Çizelge 4.2 2006 yılı I. örnekleme döneminde 25x25 m tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 6,225 ha, örnek sayısı: 121)

	CaCO <sub>3</sub> %	tN mgkg <sup>-1</sup>	aP mgkg <sup>-1</sup>	aK mgkg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dSm <sup>-1</sup>	pH	KDK cmolkg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	25,4	1.018	5,68	505	1,52	6,2	40,6	53,3	0,390	7,79	30,4
<b>ORTANCA</b>	25,5	1.000	5,24	497	1,55	6,0	40,0	54,0	0,380	7,79	31,0
<b>StdS</b>	0,7	131,4	3,2	71,3	0,2	3,6	4,5	7,8	0,1	0,1	2,1
<b>DK</b>	2,6	12,9	56,2	14,1	14,6	59,3	11,1	14,6	20,8	0,8	6,8
<b>BASIKLIK</b>	2,4	2,7	3,2	0,5	2,6	0,8	-0,5	-0,3	6,7	1,5	1,4
<b>ÇARPIKLIK</b>	-1,0	-0,6	1,7	0,1	0,4	0,9	0,6	-0,7	2,2	-0,2	-1,1
<b>VARYANS</b>	0,45	17.262	10,2	5.081	0,05	13,3	20,2	60,3	0,01	0,00	4,3
<b>EN YÜKSEK</b>	26,6	1.380	19,20	700	2,5	19,0	52,0	64,0	0,800	8,0	33,8
<b>EN DÜŞÜK</b>	22,5	500,0	1,70	318	0,8	1,0	32,0	34,0	0,300	7,6	23,5

DK: değişkenlik katsayısı , StdS: standart sapma, tN: Toplam azot, aP: Alınabilir fosfor, aK: Alınabilir potasyum

Çizelge 4.3 2006 yılı I. örnekleme döneminde 50x50 m tanımlayıcı istatistikleri  
(örnekleme alanı: 20,25 ha, örnek sayısı: 101)

	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	25,9	923	5,97	405	1,46	11,6	44,7	43,5	0,40	7,81	27,1
<b>ORTANCA</b>	25,8	900	5,24	398	1,46	10,5	46,0	39,5	0,39	7,81	27,1
<b>StdS</b>	0,97	170,7	3,4	135,6	0,2	7,3	5,6	11,6	0,07	0,07	3,8
<b>DK</b>	3,7	18,4	57,5	33,4	18,5	62,9	12,6	26,7	16,3	0,9	14,2
<b>BASIKLIK</b>	0,001	-0,1	3,3	-0,8	2,4	-1,1	-1,1	-1,3	3,1	1,9	-1,3
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,02	0,13	1,7	0,22	-0,12	0,30	-0,2	0,32	1,4	0,04	-0,03
<b>VARYANS</b>	0,95	29128	11,8	18400	0,07	54,2	32,2	135,4	0,00	0,01	14,9
<b>EN YÜKSEK</b>	28,1	1380	19,2	700	2,5	27,0	55,0	63,0	0,70	8,1	33,8
<b>EN DÜŞÜK</b>	23,1	500	1,7	112	0,5	2,0	34,0	25,0	0,30	7,6	20,7

DK: değişkenlik katsayısı , StdS: standart sapma, tN: Toplam azot, aP: Alınabilir fosfor, aK: Alınabilir potasyum

Çizelge 4.4 2006 yılı I. örnekleme döneminde 100x100 m tanımlayıcı istatistikleri  
(Örnekleme alanı: 38 ha, örnek sayısı: 42)

	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	26,0	945	6,2	382	1,39	14,7	43,9	41,5	0,41	7,82	25,9
<b>ORTANCA</b>	26,0	950	5,2	374	1,44	10,5	45,5	38,5	0,40	7,82	26,2
<b>StdS</b>	1,1	197,6	3,61	151,4	0,38	11,5	5,9	12,1	0,070	0,08	4,2
<b>DK</b>	4,4	20,9	57,8	39,6	27,1	77,8	13,3	29,2	16,8	1,1	16,2
<b>BASIKLIK</b>	-0,4	-0,6	-0,5	-0,8	0,4	1,8	0,0	-0,9	3,1	2,1	-0,8
<b>ÇARPIKLIK</b>	0,1	-0,1	0,8	-0,1	-0,8	1,3	-0,5	0,2	1,5	-0,2	-0,2
<b>VARYANS</b>	1,3	39.030	13,0	22.926	0,1	131,5	34,3	146,4	0,005	0,007	17,6
<b>EN YÜKSEK</b>	28,3	1.380	14,0	666	2,10	53,0	54,0	63,0	0,70	8,00	33,1
<b>EN DÜŞÜK</b>	23,7	500	1,7	99	0,50	2,0	28,0	19,0	0,30	7,60	17,0

DK: değişkenlik katsayısı , StdS: standart sapma, tN: Toplam azot, aP: Alınabilir fosfor, aK: Alınabilir potasyum

Çizelge 4.1-4.4'de toprak özelliklerinin normal dağılıma uygunluğu incelendiğinde, CaCO<sub>3</sub> ve EC değerlerinde, düşük örnekleme aralıklarında (12,5 ve 25 m) pozitif yönde yüksek basıklıkla birlikte, yüksek olmayan çarpıklık olduğu gözlenmiştir. Örnekleme aralığı arttıkça basıklık değerinde pozitif yönde bariz bir azalma gözlenmekte, yani en büyük değer etrafında fazla yüksek değer frekansları gözlenmemektedir. Ancak pH değerinde örnekleme aralığı ve alanı arttıkça basıklıkta da pozitif yönde bir artma gözlenmektedir. Negatif çarpıklık değerleri normal dağılımdan sağa doğru asimetric bir yapı ile uzaklaştığını göstermektedir. Pozitif yüksek değerler ise sola doğru bir asimetric yapı ile normal dağılımdan uzaklaştığını göstermektedir. Pozitif basıklık değerleri arttıkça ortalama etrafında daha dar bir pik yükselmesi gözlenirken, negatif basıklık değerleri ise ortalama etrafında daha geniş ve küçük pik yükselmesini

göstermektedir. Nitekim kum, EC ve pH değerlerinde pozitif yüksek basıklık gözlenmiştir (Çizelge 4.4). Ortalama ve ortanca değerleri arasındaki farkların artması yine normal dağılımdan uzaklaşmış olduğunu göstermektedir (Mandelbrot vd. 2004).

2006 yılı I. dönem örnekleme için tüm örnek aralıkları kullanılarak tanımlayıcı istatistikler tekrar edilmiş, değişim incelenmiş ve genel olarak EC ve kum değerlerinde pozitif yönde yüksek basıklık değerleri gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Yüksek basıklık değeri keskin frekans dağılım pik seviyelerinde gözlenirken, yani pik etrafında yüksek frekans değerleri mevcutken, düşük basıklık değeri daha yuvarlak pik oluşturur ve eğrinin kuyruk uzunluğu daha kısadır (Joanes ve Gill 1998).

Çizelge 4.5 2006 yılı I. örnekleme döneminde tüm örnekleme aralıklarının tanımlayıcı istatistikleri (örnekleme alanı: 38 ha, örnek sayısı: 260)

	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	25,8	993	8,22	460	1,46	8,8	41,8	49,4	0,39	7,80	28,5
<b>ORTANCA</b>	25,7	1020	7,61	484	1,48	6,2	40,2	52,8	0,38	0,1	29,8
<b>StdS</b>	0,9	154,4	3,8	122,4	0,3	7,9	5,3	11,4	0,1	0,9	3,7
<b>DK</b>	3,5	15,6	46,3	26,6	18,3	89,4	12,8	23,1	19,5	1,3	12,8
<b>BASIKLIK</b>	1,1	0,1	1,7	0,1	1,7	4,7	-0,7	-0,9	11,6	0,3	0,0
<b>ÇARPIKLIK</b>	0,1	-0,3	1,2	-0,7	-0,6	1,9	0,5	-0,6	2,6	0,005	-0,9
<b>VARYANS</b>	0,8	23.825	14,5	14.983	0,1	61,7	28,6	130,7	0,006	8,1	13,3
<b>EN YÜKSEK</b>	28,3	1.380	22,80	763	2,50	53,5	54,9	64,5	0,90	7,60	33,8
<b>EN DÜŞÜK</b>	22,5	540	2,30	99	0,50	1,5	27,8	18,7	0,30	7,80	17,0

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma, tN: Toplam azot, aP: Alınabilir fosfor, aK: Alınabilir potasyum

Çizelge 4.6 genel olarak değerlendirildiğinde ortalama ve ortanca değerleri arasında çok büyük farklar gözlenmemektedir. Bu iki değer birbirine yakınlığı normal dağılımın ilk göstergesidir. Basıklık ve çarpıklık değerlerine göre yapılan değerlendirmeler normal dağılımdan olan sapmaları daha detaylı vermektedir. Bu yaklaşımla genel olarak EC ve kum değerleri hariç diğer toprak özelliklerinde 12,5 ve 25 m örnekleme aralıklarında örnekler normal dağılımdan uzaklaşırken, 50 m ve 100 m örnek aralıklarında normal dağılıma daha yakınlaşmaktadır.

Çizelge 4.6 2006 yılı I. örnekleme toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri

	Örnek adedi	Alan ha	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	25,2	1.025	6,65	542	1,49	3,1	38,1	58,7	0,409	7,77	30,5
<i>25x25m</i>	121	6,225	25,4	1.018	5,68	505	1,52	6,2	40,6	53,3	0,390	7,79	30,4
<i>50x50m</i>	101	20,25	25,9	923	5,97	405	1,46	11,6	44,7	43,5	0,400	7,81	27,1
<i>100x100m</i>	43	38	26,0	945	6,24	382	1,39	14,7	43,9	41,5	0,419	7,82	25,9
<i>hepsi</i>	260	38	25,8	993	8,22	460	1,46	8,8	41,8	49,4	0,397	7,80	28,6
<b>ORTANCA</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	25,8	1.000	5,24	537	1,55	3,0	38,0	59,0	0,388	7,77	30,6
<i>25x25m</i>	121	6,225	25,5	1.000	5,24	497	1,55	6,0	40,0	54,0	0,380	7,79	31,0
<i>50x50m</i>	101	20,25	25,8	900	5,24	398	1,46	10,5	46,0	39,5	0,390	7,81	27,1
<i>100x100m</i>	43	38	26,0	950	5,24	374	1,44	10,5	45,5	38,5	0,402	7,82	26,2
<i>hepsi</i>	260	38	25,7	1.020	7,61	484	1,48	6,2	40,2	52,8	0,383	7,80	29,8
<b>StdS</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	0,7	101,3	3,4	58,8	0,3	1,1	1,4	2,0	0,1	0,1	1,7
<i>25x25m</i>	121	6,225	0,7	131,4	3,2	71,3	0,2	3,6	4,5	7,8	0,1	0,1	2,1
<i>50x50m</i>	101	20,25	0,9	170,7	3,43	135,6	0,2	7,3	5,6	11,6	0,07	0,07	3,8
<i>100x100m</i>	43	38	1,1	197,6	3,6	151,4	0,3	11,5	5,9	12,1	0,07	0,08	4,2
<i>hepsi</i>	260	38	0,9	154,4	3,8	122,4	0,3	7,9	5,3	11,4	0,1	0,1	3,7

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.6 2006 yılı I. örnekleme toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı)

	Örnek adedi	Alan ha	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>DK</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	2,5	9,9	51,3	10,8	18,4	36,2	3,6	3,4	25,3	0,8	5,6
<i>25x25m</i>	121	6,225	2,6	12,9	56,2	14,1	14,6	59,3	11,1	14,6	20,8	0,8	6,8
<i>50x50m</i>	101	20,25	3,7	18,4	57,5	33,4	18,5	62,9	12,6	26,7	16,3	0,9	14,2
<i>100x100m</i>	42	38	4,4	20,9	57,8	39,6	27,1	77,8	13,3	29,2	16,8	1,1	16,2
<i>hepsi</i>	260	38	3,5	15,6	46,3	26,6	18,3	89,4	12,8	23,1	19,5	0,9	12,8
<b>BASIKLIK</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	5,3	1,5	-0,2	1,5	-0,4	-0,6	-0,1	0,2	9,2	0,7	0,4
<i>25x25m</i>	121	6,225	2,4	2,7	3,2	0,5	2,6	0,8	-0,5	-0,3	6,7	1,5	1,4
<i>50x50m</i>	101	20,25	0,001	-0,1	3,3	-0,8	2,4	-1,1	-1,1	-1,3	3,1	1,9	-1,3
<i>100x100m</i>	42	38	-0,4	-0,6	-0,5	-0,8	0,4	1,8	0,0	-0,9	3,1	2,1	-0,8
<i>hepsi</i>	260	38	1,1	0,1	1,7	0,1	1,7	4,7	-0,7	-0,9	11,6	1,3	0,01
<b>ÇARPIKLIK</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	-0,4	0,4	0,9	0,9	-0,5	0,6	-0,1	-0,5	2,7	-0,5	-0,6
<i>25x25m</i>	121	6,225	-1,0	-0,6	1,7	0,1	0,4	0,9	0,6	-0,7	2,2	-0,2	-1,1
<i>50x50m</i>	101	20,25	-0,02	0,1	1,7	0,2	-0,1	0,3	-0,2	0,3	1,4	0,04	-0,03
<i>100x100m</i>	42	38	0,1	-0,1	0,8	-0,1	-0,8	1,3	-0,5	0,2	1,5	-0,2	-0,2
<i>hepsi</i>	260	38	0,1	-0,3	1,2	-0,7	-0,6	1,9	0,5	-0,6	2,6	0,3	-0,9

DK: değişkenlik katsayısı , StdS: standart sapma

Çizelge 4.6 2006 yılı I. örnekleme toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı)

	Örnek adedi	Alan ha	CaCO <sub>3</sub> %	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK cmol kg <sup>-1</sup>
<b>VARYANS</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	0,4	10.262	11,6	3.455	0,08	1,3	1,8	3,9	0,01	0,004	2,95
<i>25x25m</i>	121	6,225	0,4	17.262	10,2	5.081	0,05	13,3	20,2	60,3	0,01	0,00	4,3
<i>50x50m</i>	101	20,25	0,9	29.128	11,8	18.400	0,07	54,2	32,2	135,4	0,00	0,01	14,9
<i>100x100m</i>	42	38	1,3	39.030	13,0	22.926	0,1	131,5	34,3	146,4	0,005	0,007	17,6
<i>hepsi</i>	260	38	0,8	23.825	14,5	14.983	0,1	61,7	28,6	130,7	0,006	0,005	13,3
<b>EN YÜKSEK</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	28,3	1.380	15,7	763	2,1	6,0	41,0	62,0	0,900	7,91	33,8
<i>25x25m</i>	121	6,225	26,6	1.380	19,2	700	2,5	19,0	52,0	64,0	0,800	8,00	33,8
<i>50x50m</i>	101	20,25	28,1	1.380	19,2	700	2,5	27,0	55,0	63,0	0,700	8,10	33,8
<i>100x100m</i>	42	38	28,3	1.380	14,0	666	2,1	53,0	54,0	63,0	0,700	8,00	33,1
<i>hepsi</i>	260	38	28,3	1.380	22,8	763	2,5	53,5	54,9	64,5	0,900	8,10	33,8
<b>EN DÜŞÜK</b>													
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	23,0	800	1,7	434	0,8	1,0	34,0	53,0	0,300	7,57	24,8
<i>25x25m</i>	121	6,225	22,5	500	1,7	318	0,8	1,0	32,0	34,0	0,300	7,60	23,5
<i>50x50m</i>	101	20,25	23,1	500	1,7	112	0,5	2,0	34,0	25,0	0,300	7,60	20,7
<i>100x100m</i>	42	38	23,7	500	1,7	99	0,5	2,0	28,0	19,0	0,300	7,60	17,0
<i>hepsi</i>	260	38	22,5	540	2,3	99	0,5	1,5	27,8	18,7	0,300	7,60	17,0

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.6’da ayrıca kil ve KDK ortalama değerleri ölçek büyümesi ile azalırken kum ortalama değerlerinde artma gözlenmektedir. Mausbach vd. (1980) incelemelerinde bünye özelliklerinin değişkenliğinin lös kökenli topraklarda DK= % 18 ile en düşük seviyede olduğunu belirtirken, buzul kökenli topraklarda DK= % 24 ve alüviyal kökenli topraklarda ise DK= % 33 olduğunu belirlemişlerdir.

Ölçek ve alan büyüklüğünün değişkenlik katsayısına etkisi araştırılmak üzere farklı örnekleme aralıkları değişkenlik katsayıları çizelge 4.7’de görüldüğü gibi birlikte değerlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır. Wilding (1985)’in toprak parametreleri değişkenlik katsayıları için yapmış olduğu sınıflandırmaya göre 0–15 düşük, 16–35 orta, >36 ise yüksek değişkenlik değerlerini göstermektedir. Toprak özelliklerinin tipik değişkenlik katsayısı değerleri çizelge 4.8’de görülmektedir (Russo ve Jury 1987, Beven ve Quinn 1993, Wollenhaupt vd. 1994).

Araştırma kapsamında toprak özellikleri için hesaplanmış olan değişkenlik katsayılarının, Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş olan sınıf aralıkları içerisinde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.8). Araştırma kapsamında elde edilen DK sınıfları çizelge 4.8’de karşılaştırmalı olarak verilmiş olan kaynaktaki DK sınıflarıyla uyum göstermektedir.

Örnekler arası uzaklık arttıkça ve örneklenen alan büyüdükçe varyans artmakta ve buna bağlı olarak da aK, kil, kum ve KDK’nın değişkenlik katsayısı artmaktadır (Çizelge 4.6). Bu durum bünye için varyans ve değişkenlik katsayısının ölçek büyüdükçe arttığını göstermektedir. Alınabilir K içeriğinin, kil ve KDK ile bilinen ilişkisi, ölçek büyüdükçe aK’daki artışı da açıklamaktadır. Kil içeriğinin yüksek olduğu topraklarda KDK’de genelde yüksek değerlerdedir. Diğer taraftan CaCO<sub>3</sub>, aP, silt, EC ve pH’nın DK’nın örnekleme aralığı ve alan boyutuna göre bir farklılık göstermediği ve tN için DK’nın düşük seviyelerden orta seviyelere doğru değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.7).



Çizelge 4.7 2006 yılı I. örnekleme döneminde 12,5, 25, 50 ve 100 m örnekleme aralıkları değişkenlik katsayıları

TÖ	DK% 12,5m	DS	DK% 25m	DS	DK% 50m	DS	DK% 100m	DS	DK% hepsi	DS
CaCO <sub>3</sub> %	3	düşük	2,6	düşük	2,6	düşük	4,4	düşük	3,5	düşük
tN mgkg <sup>-1</sup>	9,9	düşük	12,9	düşük	12,9	düşük	20,9	orta	15,6	orta
aP mgkg <sup>-1</sup>	51,3	yüksek	56,2	yüksek	56,2	yüksek	57,8	yüksek	46,3	yüksek
aK mgkg <sup>-1</sup>	10,8	düşük	14,1	düşük	14,1	düşük	39,6	yüksek	26,6	orta
OM %	18,4	orta	14,6	düşük	14,6	düşük	27,1	orta	18,3	orta
Kum %	36,2	yüksek	59,3	yüksek	59,3	yüksek	77,8	yüksek	89,4	yüksek
Silt %	3,6	düşük	11,1	düşük	11,1	düşük	13,3	düşük	12,8	düşük
Kil %	3,4	düşük	14,6	düşük	14,6	düşük	29,2	orta	23,1	orta
EC dSm <sup>-1</sup>	25,3	orta	20,8	orta	20,8	orta	16,8	orta	19,5	orta
pH	0,8	düşük	0,8	düşük	0,8	düşük	1,1	düşük	0,9	düşük
KDK cmol,kg <sup>-1</sup>	5,6	orta	6,8	düşük	6,8	düşük	16,2	orta	12,8	düşük

TÖ: toprak özelliği, DK: değişkenlik katsayısı, DS: değişkenlik sınıfı

Çizelge 4.8 Bazı toprak özellikleri için Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2006 yılı I. dönemin 100 m örnekleme aralığındaki DK değerleri

TÖ	DK % (Mulla ve McBratney 2000)	DS (Mulla ve McBratney 2000)	DK % (Çalışma kapsamında)	DS (Çalışma kapsamında)
CaCO <sub>3</sub> %	-	-	4,4	düşük
tN mg kg <sup>-1</sup>	28-58	Orta-yüksek	20,9	orta
aP mg kg <sup>-1</sup>	39-157	Yüksek	57,8	yüksek
aK mg kg <sup>-1</sup>	39-157	Yüksek	39,6	yüksek
OM %	21-41	Orta-yüksek	27,1	orta
Kum %	3-37	Düşük-orta	77,8	yüksek
Silt %	-	-	13,3	düşük
Kil %	16-53	Orta-yüksek	29,2	orta

Çizelge 4.8 Bazı toprak özellikleri için Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2006 yılı I. dönemin 100 m örnekleme aralığındaki DK değerleri (devamı)

TÖ	DK % (Mulla ve McBratney 2000)	DS (Mulla ve McBratney 2000)	DK % (Çalışma kapsamında)	DS (Çalışma kapsamında)
EC dS m <sup>-1</sup>	91-263	yüksek	16,8	orta
pH	2-15	düşük	1,1	düşük
KDK cmol kg <sup>-1</sup>	-	-	16,2	orta

TÖ: toprak özelliği, DK: değişkenlik katsayısı, DS: değişkenlik sınıfı

#### 4.1.1.2 2007 yılı I. örnekleme dönemi farklı örnekleme ölçeklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Toprak özelliklerinin gerek değişkenlik katsayıları gerekse mekânsal yapı özellikleri üzerine örnekleme ölçeğinin etkisinin kontrolünü yapmak üzere, 2007 yılında ekim öncesinde 2006'da yapılan I. dönem örnekleme sisteminde tekrar örnekleme yapılmış ve sonuçlar dinamik toprak özelliklerinden tN, aP, aK, OM ve EC için değerlendirilmiştir. Çizelge 4.9-4.13 sırasıyla 12,5, 25, 50 ve 100 m örnekleme ölçeklerinin ve tüm örneklerin birlikte değerlendirildiği tanımlayıcı istatistik sonuçlarını göstermektedir. Çizelge 4.1-4.4'de yer alan değerler ile karşılaştırıldığında, genel olarak toprak özelliklerinde önemli bir değişim gözlenmemektedir. Ayrıntılı karşılaştırmalar çizelge 4.14'de verilmektedir.

Çizelge 4.9 2007 yılı I. örnekleme döneminde 12,5x12,5 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 0,01 ha, örnek sayısı: 81 adet)

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	1.057	6,30	466	1,48	0,442
<b>ORTANCA</b>	1.050	5,76	471	1,49	0,412
<b>StdS</b>	110,4	2,8	39,1	0,23	0,112
<b>DK</b>	10,4	44,7	8,4	15,4	25,4
<b>BASIKLIK</b>	1,5	3,0	0,1	0,0	0,3
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,1	1,5	0,0	-0,3	0,9
<b>VARYANS</b>	12.190	7,93	1.527	0,05	0,013
<b>EN YÜKSEK</b>	1.340	17,36	565	1,96	0,766
<b>EN DÜŞÜK</b>	730	2,06	361	0,87	0,259

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.10 2007 yılı I. örnekleme döneminde 25x25 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 6,225 ha, örnek sayısı:121)

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	1.063	4,57	446	1,37	0,413
<b>ORTANCA</b>	1.060	3,84	433	1,40	0,381
<b>StdS</b>	106,7	2,5	55,8	0,29	0,109
<b>DK</b>	10,0	55,5	12,5	21,2	26,5
<b>BASIKLIK</b>	1,2	5,1	0,1	0,8	3,0
<b>ÇARPIKLIK</b>	0,1	2,1	0,4	-0,6	1,4
<b>VARYANS</b>	11.392	6,4	3109	0,08	0,012
<b>EN YÜKSEK</b>	1.340	15,00	623	1,98	0,879
<b>EN DÜŞÜK</b>	730	2,00	328	0,31	0,204

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.11 2007 yılı I. örnekleme döneminde 50x50 m tanımlayıcı istatistikleri (alan:20,25 ha, örnek sayısı:101)

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	946	4,32	365	1,33	0,506
<b>ORTANCA</b>	950	3,79	350	1,35	0,482
<b>StdS</b>	141,4	1,90	113	0,32	0,129
<b>DK</b>	14,9	44,1	30,9	24,4	25,5
<b>BASIKLIK</b>	1,2	4,5	-1,1	0,8	2,5
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,1	1,7	0,2	-0,6	1,4
<b>VARYANS</b>	19.991	3,6	12.760	0,1	0,017
<b>EN YÜKSEK</b>	1.340	13,00	623	1,98	0,985
<b>EN DÜŞÜK</b>	450	1,90	142	0,31	0,311

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.12 2007 yılı I. örnekleme döneminde 100x100 m tanımlayıcı istatistikleri (alan: 38 ha, örnek sayısı:42)

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	921	5,54	357	1,32	0,549
<b>ORTANCA</b>	935	4,79	344	1,36	0,513
<b>StdS</b>	165	2,73	125,5	0,33	0,142
<b>DK</b>	17,9	49,3	35,1	24,6	25,8
<b>BASIKLIK</b>	1,3	5,8	-0,7	-0,2	0,3
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,6	2,0	0,1	-0,3	0,9
<b>VARYANS</b>	27.187	7,5	15.738	0,1	0,020
<b>EN YÜKSEK</b>	1.320	16,6	623	2,00	0,911
<b>EN DÜŞÜK</b>	450	1,90	127	0,60	0,325

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.13 2007 yılı I. örnekleme döneminin tanımlayıcı istatistikleri (örnek sayısı:260) tanımlayıcı istatistikleri

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	1.007	5,02	404	1,34	0,459
<b>ORTANCA</b>	1.020	4,32	429	1,36	0,427
<b>StdS</b>	140,2	2,67	94,7	0,297	0,133
<b>DK</b>	13,9	53,3	23,4	22,1	28,9
<b>BASIKLIK</b>	1,1	4,5	0,1	0,3	1,9
<b>ÇARPIKLIK</b>	-0,5	1,9	-0,8	-0,5	1,3
<b>VARYANS</b>	19.658	7,15	8.960,8	0,088	0,018
<b>EN YÜKSEK</b>	1340	17,36	622	1,98	0,985
<b>EN DÜŞÜK</b>	450	1,85	127	0,31	0,204

DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Çizelge 4.14 2007 yılı I. örnekleme dönemindeki toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri

	Örnek adedi	Alan ha	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	1.057	6,30	466	1,48	0,442
<i>25x25m</i>	121	6,225	1.063	4,578	446	1,37	0,413
<i>50x50m</i>	101	20,25	946	4,32	365	1,33	0,506
<i>100x100m</i>	42	38	921	5,54	357	1,32	0,549
<i>hepsi</i>	260	38	1.007	5,02	404	1,34	0,459
<b>ORTANCA</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	1.050	5,76	471	1,49	0,412
<i>25x25m</i>	121	6,225	1.060	3,84	433	1,40	0,381
<i>50x50m</i>	101	20,25	950	3,79	350	1,35	0,482
<i>100x100m</i>	42	38	935	4,79	344	1,36	0,513
<i>hepsi</i>	260	38	1.020	4,32	429	1,36	0,427
<b>StdS</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	110,4	2,8	39,1	0,2	0,112
<i>25x25m</i>	121	6,225	106,7	2,5	55,8	0,2	0,109
<i>50x50m</i>	101	20,25	141,4	1,9	113,0	0,3	0,129
<i>100x100m</i>	42	38	165	2,7	125,5	0,3	0,142
<i>hepsi</i>	260	38	140,2	2,6	94,7	0,2	0,133

Çizelge 4.14 2007 yılı I, örnekleme dönemindeki toprak özelliklerinin farklı grid aralıklarındaki tanımlayıcı istatistikleri (devamı)

	Örnek adedi	Alan ha	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>DK</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	10,4	44,7	8,4	15,4	25,4
<i>25x25m</i>	121	6,225	10,0	55,5	12,5	21,2	26,5
<i>50x50m</i>	101	20,25	14,9	44,1	30,9	24,4	25,5
<i>100x100m</i>	42	38	17,9	49,3	35,1	24,6	25,8
<i>hepsi</i>	260	38	13,9	53,3	23,4	22,1	28,9
<b>BASIKLIK</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	1,5	3,0	0,1	0,0	0,3
<i>25x25m</i>	121	6,225	1,2	5,1	0,1	0,8	3,0
<i>50x50m</i>	101	20,25	1,2	4,5	-1,1	0,8	2,5
<i>100x100m</i>	42	38	1,3	5,8	-0,7	-0,2	0,3
<i>hepsi</i>	260	38	1,1	4,5	0,1	0,3	1,9
<b>ÇARPIKLIK</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	-0,1	1,5	0,0	-0,3	0,9
<i>25x25m</i>	121	6,225	0,1	2,1	0,4	-0,6	1,4
<i>50x50m</i>	101	20,25	-0,1	1,7	0,2	-0,6	1,4
<i>100x100m</i>	42	38	-0,6	2,0	0,1	-0,3	0,9
<i>hepsi</i>	260	38	-0,5	1,9	-0,8	-0,5	1,3
<b>VARYANS</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	12.190	7,93	1.527,3	0,05	0,013
<i>25x25m</i>	121	6,225	11.392	6,4	3.109,6	0,08	0,012
<i>50x50m</i>	101	20,25	19.991	3,6	12.760,5	0,10	0,017
<i>100x100m</i>	42	38	27.187	7,5	15.738,7	0,1	0,020
<i>hepsi</i>	260	38	19.658	7,15	8.960,8	0,088	0,018
<b>EN YÜKSEK</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	1.340	17,36	565	1,96	0,766
<i>25x25m</i>	121	6,225	1.340	15,00	623	1,98	0,879
<i>50x50m</i>	101	20,25	1.340	13,00	623	1,98	0,985
<i>100x100m</i>	42	38	1.320	16,60	623	2,0	0,911
<i>hepsi</i>	260	38	1.340	17,36	622	1,98	0,985
<b>EN DÜŞÜK</b>							
<i>12,5x12,5m</i>	81	0,01	730	2,06	361	0,87	0,259
<i>25x25m</i>	121	6,225	730	2,00	328	0,31	0,204
<i>50x50m</i>	101	20,25	450	1,90	142	0,31	0,311
<i>100x100m</i>	42	38	450	1,90	127	0,60	0,325
<i>hepsi</i>	260	38	450	1,85	127	0,31	0,204

11:DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma

Ortalama ve ortanca değerleri arasında çok önemli bir farklılık gözlenmemektedir. Ancak basıklık ve çarpıklık değerlerine göre tN, aP ve EC değerlerinde normal dağılımdan uzaklaşmalar gözlenmektedir (Çizelge 4.14). OM ve tN'un DK davranışları da paralellik göstermektedir.

Örnekler arası uzaklık arttıkça ve örneklenen alan büyüdükçe varyans artmakta ve buna bağlı olarak da değişkenlik katsayısı artmaktadır. Bu durum genel olarak varyans ve değişkenlik katsayısının örnekleme aralığı ve alan büyüdükçe arttığını göstermektedir. Aynı tarlada örnekleme alanı küçüldüğünde örnek sayısı artsa da alanın bütünlüğü dikkate alındığında, örnekler arasındaki değişkenlik azalmaktadır. Bir başka deyişle, alanın tamamı popülasyonun temsil edildiği bir bütün olarak ele alınacak olunursa, tüm alan örneklendiğinde değişkenlik katsayısı da artmaktadır. 2006 ve 2007 yılları için tN, OM, aP ve aK'un değişkenlik katsayılarında bir değişim gözlenmemektedir. Ancak 2007 yılı aK'un DK değerinde, diğer örnekleme ölçeklerinde bir değişim gözlenmezken, 50 m örnekleme ölçeğinde artma olduğu gözlenmektedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 2006-2007 yılları I. dönemdeki 12,5, 25, 50 ve 100 m örnekleme aralıklarının değişkenlik katsayıları

TÖ	DK% 12,5m	DS	DK% 25m	DS	DK% 50m	DS	DK% 100m	DS	DK% hepsi	DS
tN-2006 mgkg <sup>-1</sup>	9,9	düşük	12,9	düşük	12,9	düşük	20,9	orta	15,6	orta
tN-2007 mgkg <sup>-1</sup>	10,4	düşük	10	düşük	14,9	düşük	17,9	orta	13,9	düşük
aP-2006 mgkg <sup>-1</sup>	51,3	yüksek	56,2	yüksek	56,2	yüksek	57,8	yüksek	46,3	yüksek
aP-2007 mgkg <sup>-1</sup>	44,7	yüksek	55,5	yüksek	44,1	yüksek	49,3	yüksek	53,3	yüksek
aK-2006 mgkg <sup>-1</sup>	10,8	düşük	14,1	düşük	14,1	düşük	39,6	yüksek	26,6	orta
aK-2007 mgkg <sup>-1</sup>	8,4	düşük	12,5	düşük	30,9	orta	35,1	orta	23,4	orta
OM-2006 %	18,4	orta	14,6	düşük	14,6	düşük	27,1	orta	18,3	orta
OM-2007 %	15,4	orta	21,2	orta	24,4	orta	24,6	orta	22,1	orta
EC-2006 dSm <sup>-1</sup>	25,3	orta	20,8	orta	20,8	orta	16,8	orta	19,5	orta
EC-2007 dSm <sup>-1</sup>	25,4	orta	26,5	orta	25,5	orta	25,8	orta	28,9	orta

TÖ: toprak özelliği, DK: değişkenlik katsayısı, DS: değişkenlik sınıfı

Araştırma topraklarının 2007 yılı I. örnekleme dönemindeki DK sonuçları, Mulla ve McBratney (2000)'ın yapmış oldukları kaynak derlemesinin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, EC' nin DK değerinin oldukça düşük olduğu dikkati çekmektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Bazı toprak özellikleri için Mulla ve McBratney (2000) tarafından belirlenmiş DK değerleri ve 2007 yılı I. dönemdeki 100 m örnekleme aralığının DK değerleri

TÖ	DK % (Mulla ve McBratney 2000)	DS (Mulla ve McBratney 2000)	DK % (Çalışma kapsamında)	DS (Çalışma kapsamında)
tN mgkg <sup>-1</sup>	28-58	Orta-yüksek	17,9	orta
aP mgkg <sup>-1</sup>	39-157	yüksek	49,3	yüksek
aK mgkg <sup>-1</sup>	39-157	yüksek	35,1	orta
OM %	21-41	Orta-yüksek	24,6	orta
EC dSm <sup>-1</sup>	91-263	yüksek	25,8	orta

TÖ: toprak özelliği, DK: değişkenlik katsayısı, DS: değişkenlik sınıfı

Ancak değişkenlik katsayısı örnek noktaları arasındaki uzaklıkları dikkate almadığı için yüksek değişkenlik katsayısı, yüksek mekânsal değişkenlik anlamına gelmez. Konumsal değişkenliğin belirlenebilmesi için yarıvaryogram analizlerinin yapılması gereklidir. Diğer bir deyişle örnek çiftleri arasındaki değer farkları ve uzaklıkların birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Yarıvaryogram grafiğinde yüksek varyans değerleri yüksek konumsal değişkenliği, düşük varyans değerleri ise değerlerin birbirine yakın olduğu düşük konumsal değişkenliği gösterir.

2006-2007 yılları toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları EK 5-EK 17'de verilmiştir.

#### 4.1.2 Farklı örnekleme ölçekleri ile toprak özelliklerinin jeostatistiksel modellemesi

Araştırmanın bu bölümünde, örnekleme ölçeğinin etkisini de dikkate almak amacıyla 12,5 m, 25 m, 50 m ve 100 m örnekleme aralıkları birlikte bir veri seti olarak değerlendirilerek daha önceki bölümlerde elirtilmiş olan 11 toprak verimlilik özelliği jeostatistiksel olarak modellenmiştir. Yarıvaryogram parametreleri belirlenerek mekânsal yapı özellikleri tespit edilmiştir.

Jeostatistiksel modelleme aşamasında her toprak özelliğinin örnek frekans dağılımı ve eklenik örnek dağılımı grafikleri incelenmiş olup, çarpıklık ve basıklık değerleri dikkate alınarak varyogram modellemesinde bir avantaj sağladığı görülen toprak özelliklerinde log- dönüşüm uygulanmıştır. Ana eksenin bulunduğu azimut açısı ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ) değiştirilerek ve anizotropi varyans haritası incelenerek toprak özelliklerinin anizotropiye sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda aP dışında toprak özelliklerinin değişik azimut açılarında yönün bir fonksiyonu olarak değiştiği ve geometrik anizotrop bir davranış sergilediği gözlenmiştir (Tercan ve Saraç 1998). En uygun yarıvaryogram model kalibrasyonu varyogram model parametrelerinin ( $C_0$ ,  $C_0+C_h$ , aktif adım uzaklığı, model tipi) değiştirilmesi suretiyle yapılmıştır. Anizotropik varyogram modellemesinde ana eksen yani majör yapısal uzaklık yönünde  $C_0$  ve  $C_0+C_h$  değerleri kalibre edilmiş, aynı kontrolsüz etki varyansı ve yapısal varyans değerleri ile minör yapısal uzaklık yönündeki yarıvaryogram modellenmiştir. Toprak özelliklerinin çoğu için Gauss modeli en iyi uyumu sağlarken aP ve EC için küresel,  $CaCO_3$  için de üslü model örnek çiftleri ile en iyi uyumu sağlamıştır.

Toprak özelliklerinin krigleme yüzeyleri, ortalamalı nokta krigleme içkestirim yöntemi ile orijinal veriler üzerinden GS+7 ile elde edilmiş olan varyogram model parametreleri kullanılarak ArcGIS'da üretilmiştir. Krigleme yüzeyi oluşturulmadan önce anizotropinin giderilmesi sağlanmıştır. Krigleme yöntemi ile hesaplanan değerler ve ölçülen değerler arasındaki ilişki çapraz doğrulama eğrisi ile karşılaştırılmış ve ilişki seviyesini yükseltmek amacıyla bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Ölçüm hatalarından, örnekleme noktaları arasındaki uzaklığın incelenen toprak özelliğinin mekânsal bağımlılık derecesini belirlemek için uygun olmamasından veya özelliğin kendi doğasından kaynaklanan varyasyon nedeni ile (Trangmar vd. 1985, Öztaş 1995, Oliver 1999, Başkan 2004) her toprak özelliği için farklı oranlarda kontrolsüz etki varyansı (külçe etkisi) oluşmuştur. Toprak özelliklerinden EC'nin 2006 yılı örnekleme varyogram sonuçlarında tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) gözlenmiştir.



Alansal bağımlılık derecesi (ABD) aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibi kontrolsüz etki varyansının, kontrolsüz etki varyansı ve kısmi varyansın toplamına oranıdır (Trangmar vd. 1985).

$$ABD = \left( \frac{C_0}{C_0 + C} \right) * 100 \quad (4.1)$$

Burada;

$C_0$  : kontrolsüz etki varyansı

$C$  : kısmi varyans' dır.

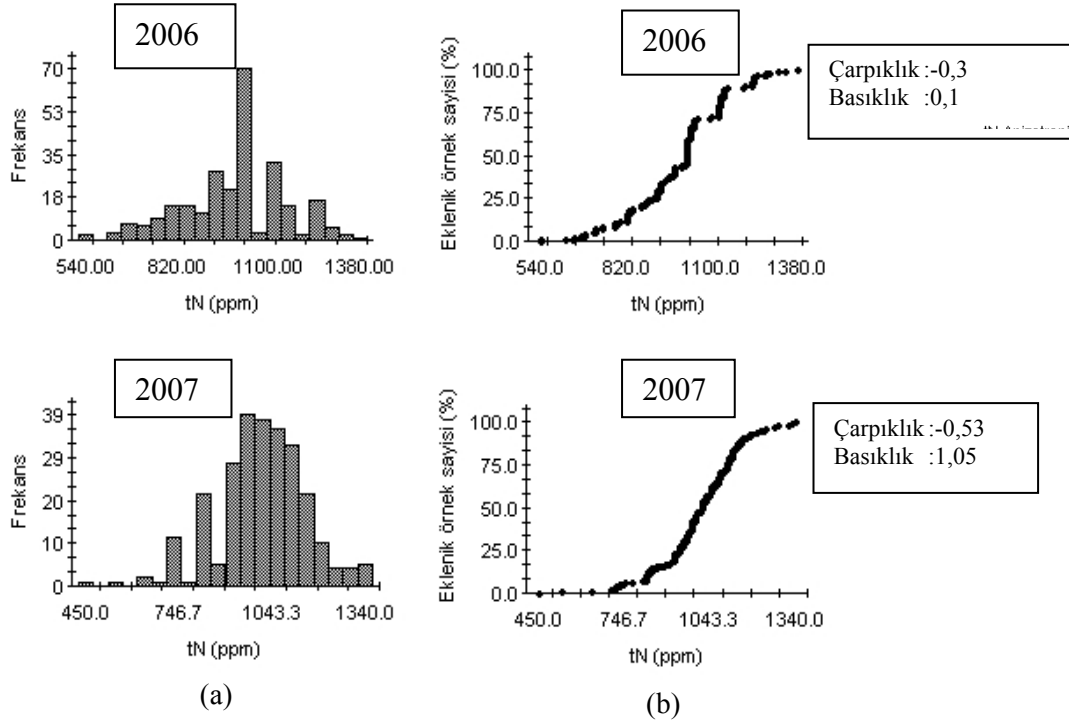
Bu oran % 25 değerinin altında ise toprak özelliğinin yüksek alansal bağımlı ve kısa yapısal uzaklıklarda fazla değişkenlik gözlenmediği; % 26 - % 75 arasında ise toprak özelliğinin orta alansal bağımlı ve kısa yapısal uzaklıklarda değişkenlik gözlendiği; % 75'den büyük ise toprak özelliğinin düşük alansal bağımlı ve kısa yapısal uzaklıklarda büyük değişkenlik gösterdiği, yani yüksek kontrolsüz etki varyansına sahip olduğu kabul edilir. Alansal bağımlılık değeri % 100 ise ya da yarıvaryogram eğimi sifıra yakın bir diğer deyişle tam kontrolsüz etki varyansı söz konusu ise, bu durumda toprak özelliği alansal olarak bağımlı değildir ve jeostatistiksel modelleme uygulamasının diğer yöntemlere göre bir avantajı olmaz (Cambardella vd. 1994). Buna göre toprak özelliklerinden aK, kil, kum, KDK, silt ve  $CaCO_3$  yüksek alansal bağımlılık derecesi gösterirken OM, tN, aP, pH ise orta alansal bağımlılık derecesi göstermiştir. EC ise ilk yıl tam kontrolsüz etki varyansı değeri ile alansal ilişkisiz bir davranış gösterirken, ikinci yıl düşük bir alansal bağımlılık göstermiştir. Bu sonuçlara göre toprakta EC için jeostatistiksel model uygulamanın bir avantajı olmamıştır.

#### **4.1.2.1 Toprakta bitki besin maddeleri (tN, aP, aK)**

##### **4.1.2.1.1 Toprakta toplam azot (tN)**

Toprak özelliklerinden tN'un 2006 yılı ve 2007 yılı 1. dönem örnekleme veri setine, çarpıklık ve basıklık katsayılarının düşük olması (Şekil 4.1.a.b) ve varyogram

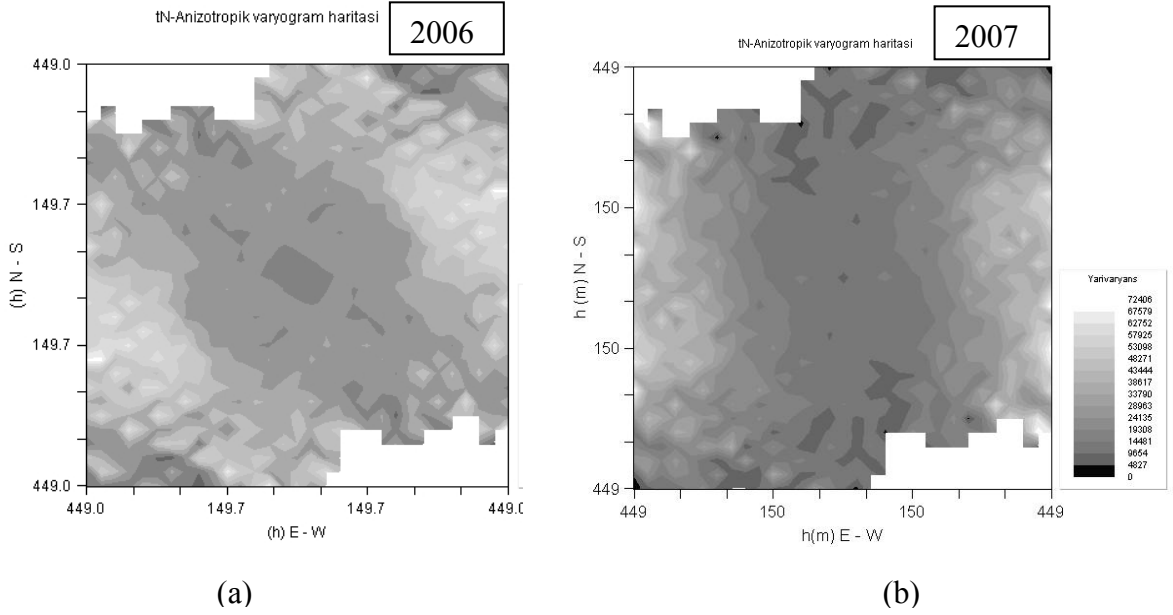
parametrelerinin belirlenmesinde bir avantaj sağlamaması nedeniyle veri dönüşümü uygulanmamıştır (Webster 2001). Toprakta tN'a ait örnek frekans dağılımı (Şekil 4.1.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.1.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.



Şekil 4.1.a. Toprakta tN'un frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği

Toprakta azotun kaynağı organik artıklar, azotlu gübre uygulaması, sınırlı oranda da olsa sulama suları ve atmosferden mikrobiyel etkinliklerle bağlananlar olmak üzere çok çeşitlidir. Azotun kolayca ayrışması ve form değiştirmesi, bitkiler tarafından diğer pek çok besin elementine göre daha büyük hacimlerde alınması, çoğu iyonlarının yüksek hareketliliğine bağlı olarak kolayca yıkanabilmesi ve kimi bileşiklerinin buharlaşıp atmosfere karışması nedenleriyle, toprakta izlenmesi zordur. Toprakta azot dağılımı, yere ve zamana bağlı olarak büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Bu bakımdan toplam azottan ve azot bileşiklerinden stabil, güvenilir sonuçlar almak her zaman kolay olmamaktadır. Ancak bununla birlikte, çalışma kapsamında her iki yılın I. dönem örnekleme jeostatistiksel model parametreleri aynı çıkmıştır.

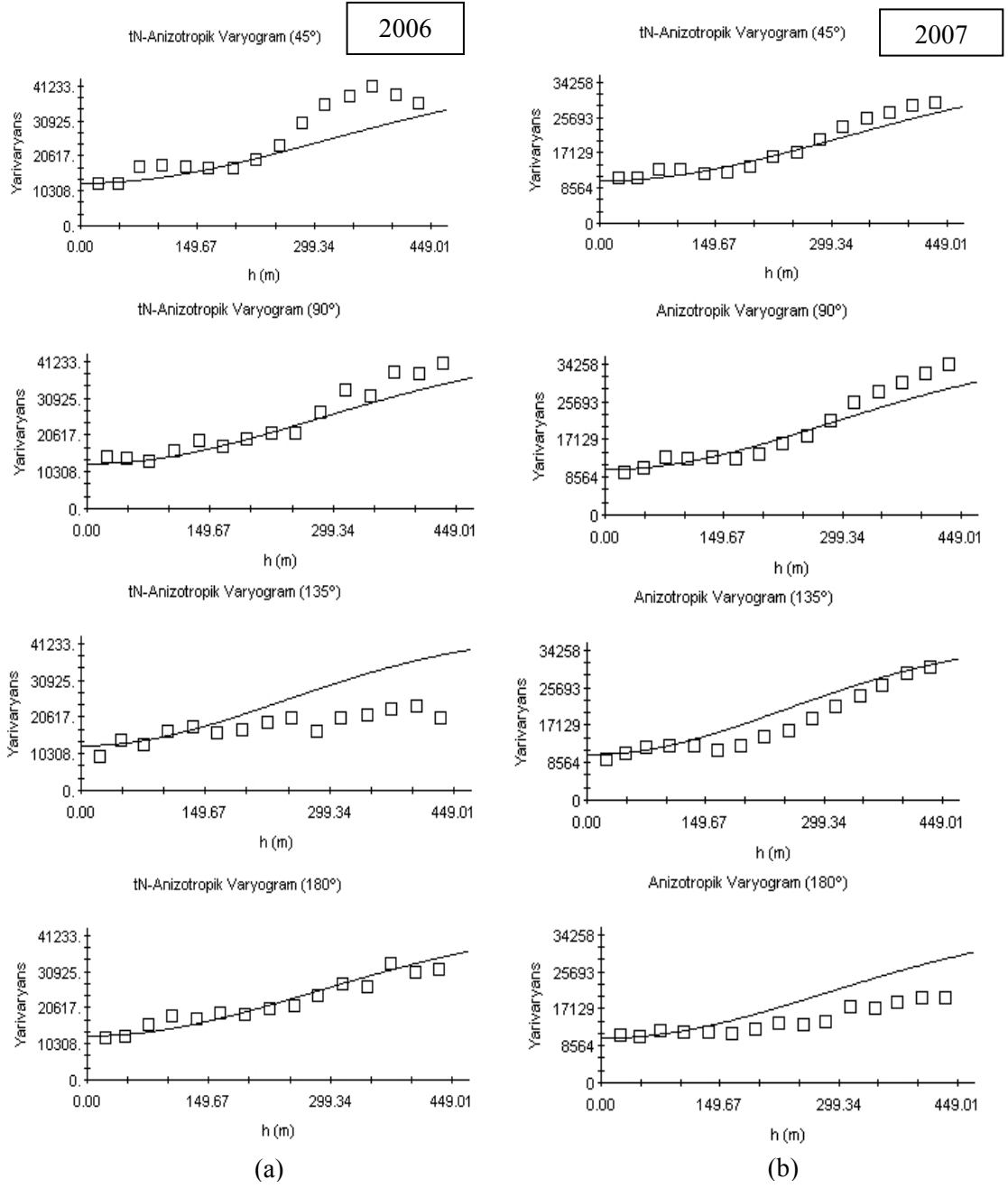
Toprakta tN'un mekânsal yapısında yöne bağlı değişim (anizotropi) olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında her iki yıl için sırasıyla 0,85 ve 0,80 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı 45° ötelendiğinde, yani ana eksen 45°'de iken, anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.2.a.b) incelendiğinde, her iki yıl içinde tN'un anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 4.2 Toprakta tN'un anizotropik varyogram haritası

Ana anizotropi ekseninde kontrolsüz etki varyansı (külçe varyansı) ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenen en iyi uyum Gauss modeli ile sağlanmıştır.

Aynı kontrolsüz etki varyansı ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş ve Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Her iki yılın I.dönem örneklemeindeki tN veri setinin farklı yönlerdeki (45°, 90°, 135°, 180°) anizotropi varyogramları Şekil 4.3a.b'de görülmektedir. Eğri ve örnek çiftleri arasındaki en iyi uyum 2007 yılında 45° ve 90° anizotropik varyogramlarında sağlanmıştır.



Şekil 4.3 Toprakta tN'un anizotropik yarıvaryogram modelleri

Toprakta tN' un jeostatistiksel modellenmesi önce 2006 yılı 1. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 440 m, minör yapısal uzaklık 378 m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Ayrıca 2007 yılında tekrar aynı dönemde doğrulama amacıyla aynı noktalardan toplanmış olan örneklerin jeostatistiksel modelleme sonuçları çizelge 4.17' de görüldüğü gibi önemli bir fark göstermemiş ve her iki yılın veri setleri Gauss modeli ile en iyi uyumu sağlamıştır.

Çizelge 4.17 Toprakta tN'nin jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)

TÖ	VMT	KV (C <sub>0</sub> )	YV (C <sub>0</sub> +C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
tN (mg kg <sup>-1</sup> ) 2006	Gauss	1,25x10 <sup>-4</sup>	4,4x10 <sup>-4</sup>	440	378	0,88	7,4x10 <sup>-8</sup>	28,2	Orta
tN (mg kg <sup>-1</sup> ) 2007	Gauss	1,03x10 <sup>-4</sup>	3,7x10 <sup>-4</sup>	440	354	0,95	6,03x10 <sup>-7</sup>	27,9	Orta

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Kontrolsüz etki varyansı ( $C_{0,2006}=1,25 \times 10^4$ ,  $C_{0,2007}=1,05 \times 10^4$ ) ve yapısal varyanslar da  $((C_0+C)_{2006}=4,4 \times 10^4$ ,  $(C_0+C)_{2007}=3,7 \times 10^4$ ) çizelge 4.17 'de görüldüğü gibi her iki yıl için oldukça yakın değerlerdedir. Kontrolsüz etki varyansının yüksek çıkması kısa mesafelerde değişkenliğin olmasından ve örnekleme hatalarından kaynaklanabilmektedir. Birçok araştırmacı farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları çalışmalarda tN'un küresel model ile uyum sağladığını ve 5-900 m arasında değişen yapısal uzaklık değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Cahn vd. 1994, Everett ve Pierce 1996, Han ve Frost 1996, Pierce ve Warncke 2000). Kristensen vd. (2003) ise, tN'un üslü model ile uyum sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar 10 ha olan arazide yapısal uzaklığı 285 m olarak belirlemişler ve alansal bağımlılığın % 28 ile ( $C_0=0,8$ ,  $C_0+C=2,8$ ) orta sınıfta olduğunu tespit etmişlerdir. Azotun hareketliliği ve topraktaki dağılımının değişkenliği, çeşitli araştırmalardaki yapısal uzaklık, kontrolsüz etki varyansı ve uyumlu model sonuçlarının farklılığında başlıca etmen olarak değerlendirilmektedir.

Toprakta tN'un alansal bağımlılık derecesi (ABD) ilk yıl % 28,2 ve ikinci yıl % 27,9 ile çok yakın değerlerde bulunmuştur (Çizelge 4.17). Bu değerlere göre toprakta tN orta sınıf bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).

Çalışmada elde edilen varyogram modelleri çapraz doğrulama ile kontrol edilmiştir (EK 18, EK 19). Örnek çiftleri varyogram bulutunda farklı adım sınıflarında incelenmiş ve varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır. Böylece ölçülen ve hesaplanan değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulabilmek için bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır (Çizelge 4.18).

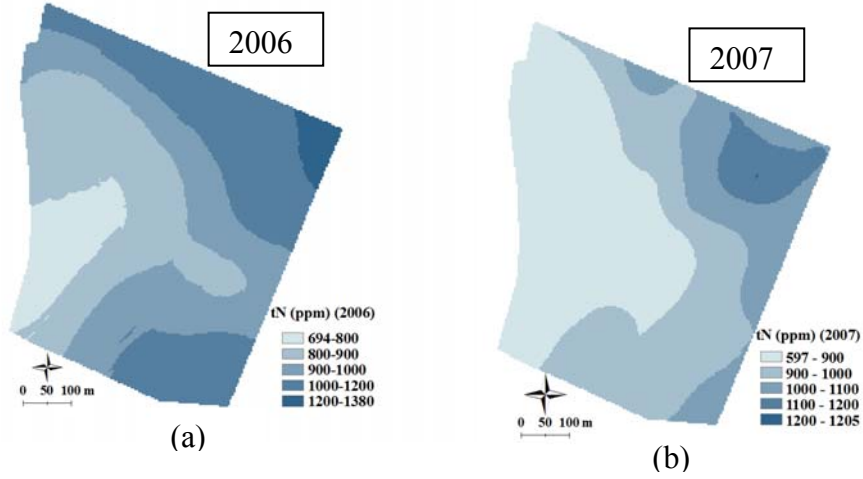
Çizelge 4. 18 tN'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006	Ölçülen 2007	Tahmin edilen 2007
<b>Ortalama</b>	992,6	985,2	1.007,0	1.010,6
<b>Standart Sapma</b>	154,4	90,5	140,2	87,8
<b>Değişkenlik Katsayısı, %</b>	15,6	9,2	13,9	8,7
<b>Varyans</b>	23.825,4	8.183,3	19.658,0	7.709,6
<b>En Küçük</b>	540,0	747,5	450,0	730,0
<b>En Büyük</b>	1.380,0	1.132,6	1.340,0	1.134,3
<b>Örnek Sayısı</b>	260,0	255,0	260,0	252,0

Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlere oldukça yakın tahminde bulunduğu (bkz. Tablo 4.43  $\text{CD}_R^2 = 0,96$ ) görülmektedir. Varyogram modeli tahminde düşük değerleri yüksek tahmin ederken, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur. Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri, ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir olduğunu göstermektedir. (Çizelge 4.18).

Ortalamalı nokta krigleme içkestirim, yarıvaryogram model parametreleri kullanılarak ArcGIS'da orijinal verilerden elde edilmiş ve krigleme yüzeyi elde edilirken anizotropi giderilmiştir. Şekil 4.4.a.b' de her iki yılın I. dönem örnekleme dönemindeki krigleme mekânsal dağılımları görülmektedir. Her iki yılda da mekânsal yapı genel itibari ile benzerlik göstermekte ve tN oranının yüksek ve düşük olduğu alanlar nispeten aynı bölgelerde yer almaktadır.

Arazinin kuzey doğu yönünde tN değerleri 1.000–1.272 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinde iken, batı ve güney batı bölgelerinde tN değerinin 577–900 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinde olduğu gözlenmektedir. Her iki yılda da arazinin büyük bir bölümünde tN'un 600–1.000 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinde olduğu gözlenmiştir.



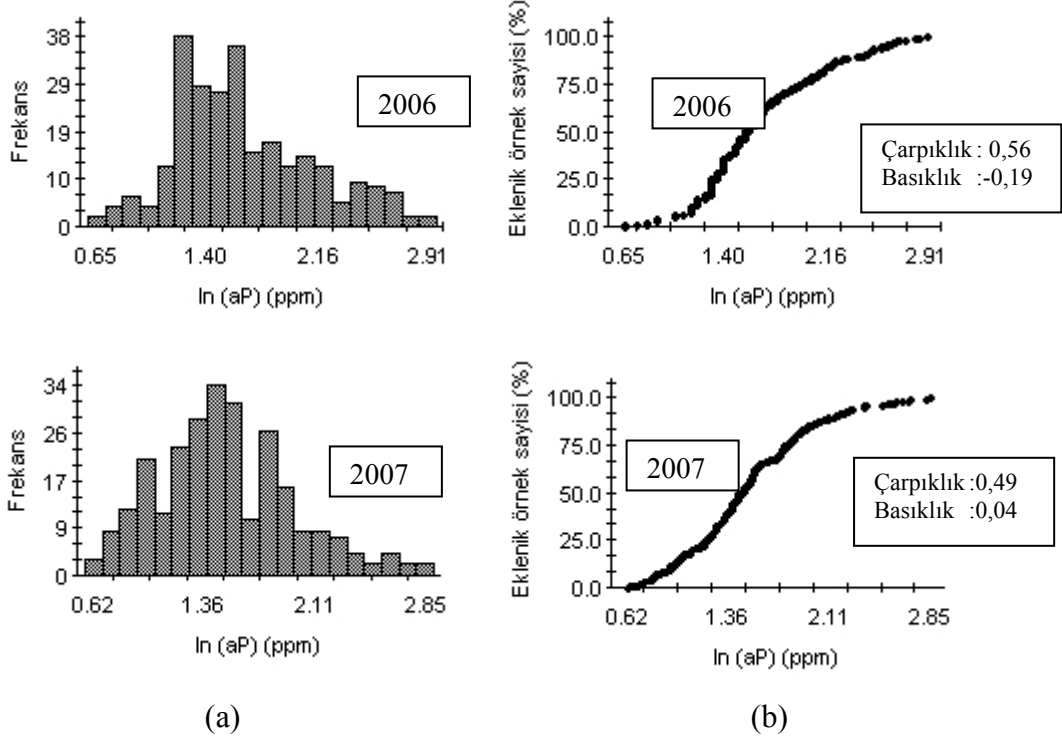
Şekil 4.4 Toprakta tN'un krigleme mekânsal dağılımı

Toprakta tN için 2006 yılı örneklemede 200 m örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigleme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısının korunduğu görülmektedir (EK 20).

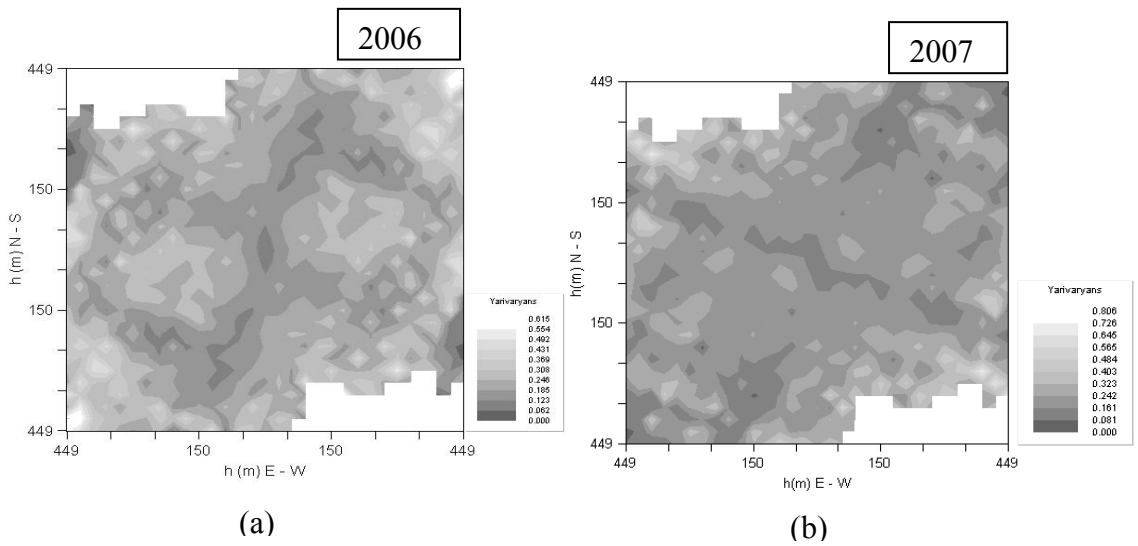
#### 4.1.2.1.2 Toprakta alınabilir fosfor (aP)

Alınabilir fosfor, toprakta nispeten durağan konumdadır. Araştırma alanı koşullarındaki kaybı, önemli ölçüde bitkiler tarafından tüketilmesi ve kalsiyum karbonatla çözünürlüğü düşük bileşikler oluşturması biçiminde özetlenebilir. Toprak özelliklerinden aP'un 2006 ve 2007 yılı veri setlerine, yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Webster 2001). Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmıştır; ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri gerçek veriler üzerinden hesaplanmıştır. Toprakta aP'a ait örneklerin frekans dağılımı (Şekil 4.5.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.5.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.

Toprakta aP'un mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,94 oranında fark gözlenmiştir. Bu farkın büyük olmamasından dolayı ana eksen  $0^\circ$ 'de iken varyogram haritaları (Şekil 4.6.a.b) incelendiğinde, her iki yıl için aP'un izotropik bir yapıya sahip olduğu kabul edilmiştir.



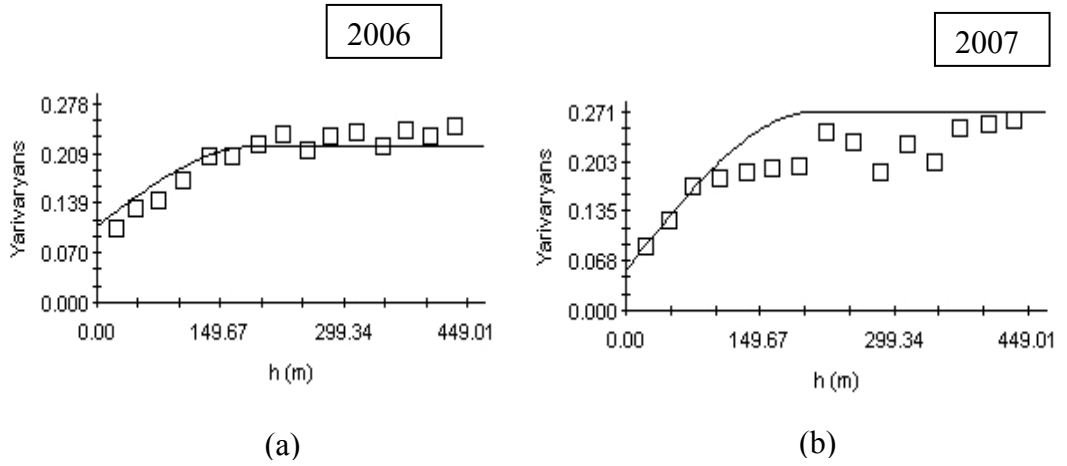
Şekil 4.5.a. Toprakta aP'un frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği



Şekil 4.6 Toprakta aP'un varyogram haritası

Ana eksen ( $0^\circ$ ) üzerinde kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilen en iyi uyum küresel model ile sağlanmıştır (Şekil 4.7.a.b). Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır.





Şekil 4.7 Toprakta aP'un izotropik yarıvaryogram modelleri

Toprakta aP'un jeostatistiksel modellemesi ilk olarak 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Ayrıca 2007 yılında tekrar aynı dönemde doğrulama amacıyla, alınmış olan örneklerin jeostatistiksel modelleme sonuçları önemli bir fark göstermemiş ve her iki yılın veri setleri küresel model ile en iyi uyumu sağlamıştır. Model sonuçlarına göre yapısal uzaklık ilk yıl 380 m, ikinci yıl 324 m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.19). Kontrolsüz etki varyansı ( $C_{0,2006}=1,3 \times 10^{-2}$ ,  $C_{0,2007}=5,5 \times 10^{-2}$ ) ve yapısal varyanslar da  $(C_0+C)_{2006}=1,8 \times 10^{-2}$ ,  $(C_0+C)_{2007}=0,16$  çizelge 4.19'da görüldüğü gibi oldukça yakın değerlerdedir. Çoğu araştırmacı, farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları çalışmalarda, aP'un küresel model ile uyum sağladığını bildirmiş ve 50–900 m arasında değişen yapısal uzaklık değerleri ve % 27–55 arasında değişen alansal bağımlılık dereceleri tespit etmiştir (Cahn vd. 1994, Everett ve Pierce 1996, Han ve Frost 1996). Kristensen vd. (2003) aP'un arazilerinde üslü model ile uyum sağladığını belirtmiş ve 10 ha arazide yapısal uzaklığı 444 m olarak belirlemiştir. Haneklaus vd. (1997) ise, toplam alanı 880 ha olan üç tarlada yürüttükleri çalışmada aP için yapısal uzaklığın 115–153 m arasında değiştiğini ve bununla beraber benzer özellikteki iki tarlanın yapısal uzaklık değerlerinin birbirine yakın olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.19 Toprakta aP'un jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)

TÖ	VMT	KV (C <sub>0</sub> )	YV (C <sub>0</sub> +C)	YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
aP (mgkg <sup>-1</sup> ) 2006	Küresel	1,3x10 <sup>-2</sup>	0,23	380	0,85	1,8x10 <sup>-2</sup>	56,1	Orta
aP (mgkg <sup>-1</sup> ) 2007	Küresel	5,5x10 <sup>-2</sup>	0,27	324	0,80	0,16	20,4	Orta

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, YU: Yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Toprakta aP'da ilk yıl % 56,2 ve ikinci yıl % 20,4 ile farklı alansal bağımlılık derecesi bulunmuştur. Toprakta aP'un ilk yıl orta sınıf ikinci yıl ise yüksek bir alansal bağımlılık yapısı gösterdiği, ancak mekânsal yapı parametrelerinin korunduğu görülmektedir (Çizelge 4.19) (Camberdella vd. 1994). Bununla birlikte aP'un mekânsal dağılımında her iki yıl arasında krigleme yüzeylerinde fark görülmüştür. Bu fark, arazideki gerek tarım uygulamaları, gerekse iklim vb. diğer değişen çevre koşulları gibi bazı faktörlerin, aslında mobil bir BBM olmayan aP'un mekânsal dağılımını etkilediğini açıkça göstermektedir.

Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamaları, varyogram modelinin tN'da olduğu gibi ölçülen değerlerden düşük tahminde bulunduğunu göstermektedir. Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.20).

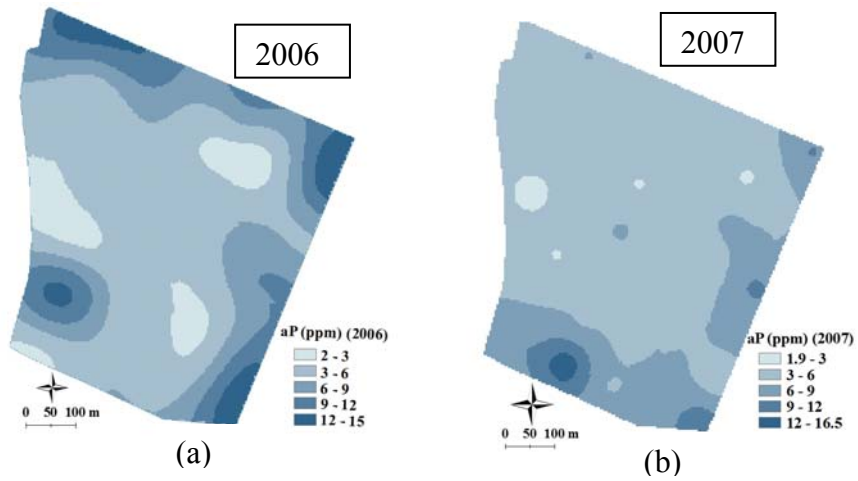
Çizelge 4.20 Toprakta aP'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006	Ölçülen 2007	Tahmin edilen 2007
Ortalama (mg kg <sup>-1</sup> )	8,2	5,4	5,0	4,6
Standart Sapma	3,8	1,8	2,7	1,5
Değişkenlik Katsayısı, %	46,3	33,0	53,3	31,3
Varyans	14,5	3,2	7,2	2,1
En Küçük (mg kg <sup>-1</sup> )	2,3	3,0	1,9	2,8
En Büyük (mg kg <sup>-1</sup> )	22,8	14,0	17,4	9,4
Örnek Sayısı	260	257	260	255

Çapraz doğrulama ile yapılan kontrolde örnek çiftleri varyogram bulutunda farklı adım sınıflarında incelenmiş ve varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır. Böylece ölçülen ve hesaplanan değerler arasında daha yüksek bir ilişki (bkz. Çizelge 4.44  $\text{ÇD}_R^2 = 0,96$ ) bulabilmek için bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır (EK 18, EK 19).

Ortalamalı nokta krigleme içkestirimi, yarıvaryogram model parametreleri kullanılarak ArcGIS'da orijinal verilerden elde edilmiştir. Şekil 4.8a, b'de her iki yılın I. örnekleme dönemindeki krigleme mekânsal dağılımları görülmektedir. Mısır ekimi yapılan bu tarım arazisinde her iki yılda da genel mekânsal yapı itibari ile çok düşük mobilizasyona sahip aP benzerlik göstermemekte ve aP'un yüksek ve düşük olduğu alanlar her iki yıl için farklılıklar göstermektedir.

Arazinin iç bölgelerinde aP değerleri  $1-6 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyelerinde iken, dış bölgelerinde aP değerinin  $9-15 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyelerinde olduğu gözlenmektedir. İki yıl arasındaki bu fark, arazideki tarım uygulamaları, iklim, toprak sıcaklığı vb. koşullar gibi aP üzerinde etkili bazı faktörlerin, aslında mobil bir BBM olmayan aP'un mekânsal dağılımını etkilediğini açıkça göstermektedir. (Şekil 4.8.a.b). Fosfor, azot kadar mobil bir bitki besin elementi değildir. Azot arazide nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri ile sürekli form değiştirerek nitrat şeklinde yıkanma veya amonyak şeklinde atmosfere karışma kayıplarına uğrayabilmektedir. Fosfor ise bu arazide de olduğu gibi yüksek pH'larda kalsiyum karbonatla çözünürlüğü düşük bileşikler oluşturmaktadır. Arazideki kalsiyum karbonat seviyeleri % 24-28 arasında değişmektedir. Kalsiyum karbonat seviyelerinin nispeten düşük olduğu bölgelerde aP'un yüksek, kalsiyum karbonatın yüksek olduğu bölgelerde ise aP seviyelerinin düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. 8 Toprakta aP'un krigleme mekânsal dağılımı

Toprakta aP için 2006 yılı örneklemesinde 200 m örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigleme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısının korunduğu görülmektedir (EK 20).

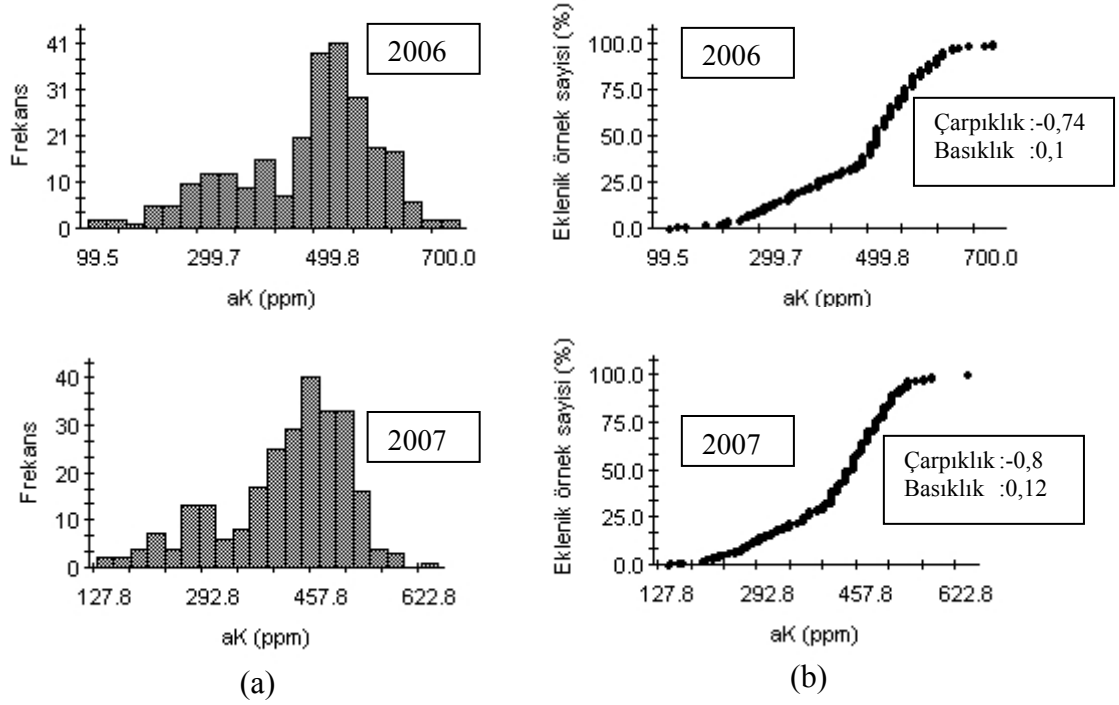
#### 4.1.2.1.3 Toprakta alınabilir potasyum (aK)

İncelenen verimlilik özellikleri arasında arazi koşullarına en iyi uyumun aK kapsamı konusunda elde olunması beklenmekteydi. İleriki bölümlerde görüleceği gibi arazideki kil içeriği ve pH dağılımları, aK düzeylerinin yeterli olmasını gerektirmekte olup, nitekim EK 5 ve EK 8 arasındaki aK değerleri bu beklentiyi doğrular niteliktedir.

Toprak özelliklerinden aK'un 2006 yılı ve 2007 yılı I. örnekleme veri setine, çarpıklık ve basıklık katsayılarının düşük olması (Şekil 4.9.a.b) ve varyogram parametrelerinin belirlenmesinde bir avantaj sağlamaması nedeniyle veri dönüşümü uygulanmamıştır (Webster 2001). Toprakta aK'a ait örnek frekans dağılımı (Şekil 4.9.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.9.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.

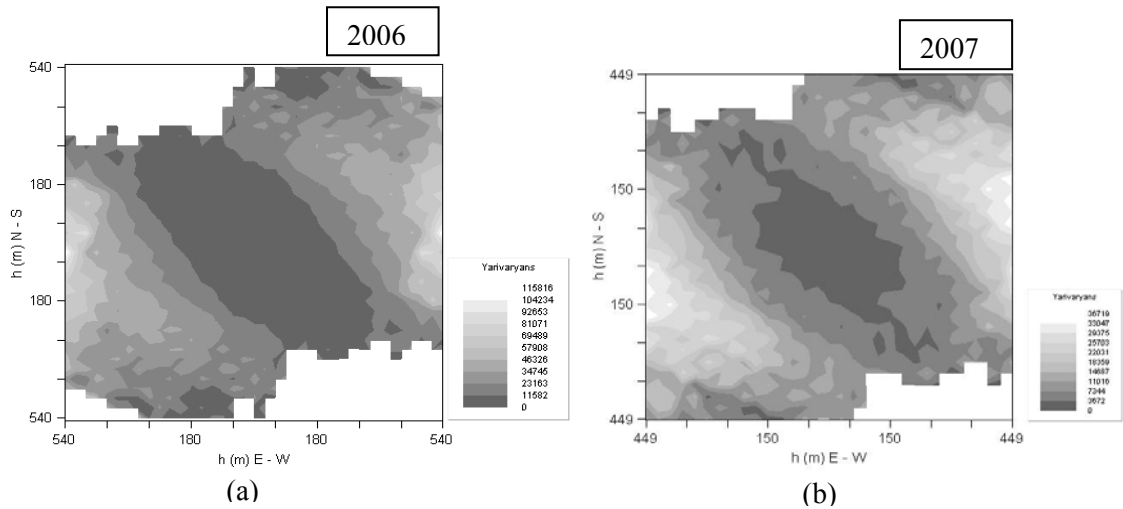
Toprakta aK'un mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında her iki yıl için de 0,84 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı  $45^\circ$  ötelendiğinde, yani ana eksen  $45^\circ$ 'de iken anizotropik varyogram haritaları (Şekil

4.10.a.b) incelendiğinde, her iki yılda aK'un anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 4.9.a.Toprakta aK'un frekans dağılımı b. Eklilik örnek dağılım grafiği

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum, her iki yıl için de Gauss modeli ile sağlanmıştır.



Şekil 4.10 Toprakta aK'un anizotropik varyogram haritası

Daha sonra aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş ve Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Her iki yılın I. dönem örneklemeindeki aK veri setinin farklı yönlerdeki (45°, 90°, 135°, 180°) anizotropi varyogramları Şekil 4.11.a.b’de gösterilmiştir. Yarıvaryogramlardan da görüldüğü gibi kısa mesafelerde oldukça düzenli değişim gözlenmekte; örnek çiftleri arasındaki adım uzaklığı (h) arttıkça varyans değeri de artmaktadır (Şekil 4.11.a.b). Ancak 180° anizotropi varyogramında varyans her iki yılda belli bir değere kadar yükselmiş ve daha sonra sabitleme eğilimi göstermiştir.

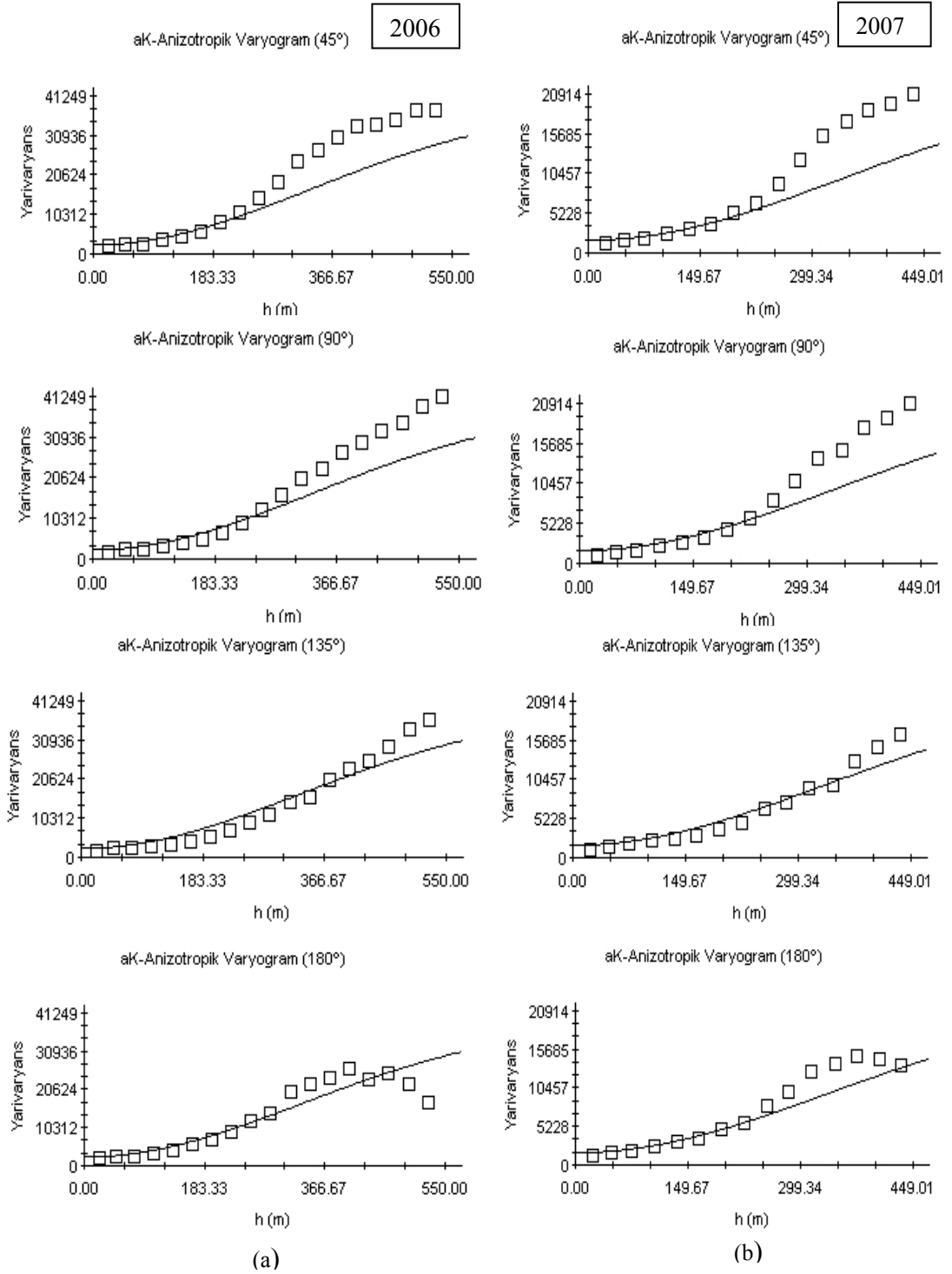
Toprakta aK’ un jeostatistiksel modellemesi ilk olarak 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Daha sonra 2007 yılı I. dönemin veri seti ile doğrulaması yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık ilk yıl 467 m, ikinci yıl 476 m; minör yapısal uzaklık ilk yıl 396 m, ikinci yıl ise 402 m olarak birbirine oldukça yakın değerlerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Toprakta aK’un jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)

TÖ	VMT	KV (C <sub>0</sub> )	YV (C <sub>0</sub> +C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
aK (mgkg <sup>-1</sup> )2006	Gauss	2,3x10 <sup>3</sup>	3,8x10 <sup>4</sup>	467	396	0,94	1,9x10 <sup>-4</sup>	6,1	Yüksek
aK (mgkg <sup>-1</sup> )2007	Gauss	1,6x10 <sup>3</sup>	2,2x10 <sup>4</sup>	476	402	0,97	5,8x10 <sup>-8</sup>	7,5	Yüksek

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi sonuçlarda önemli bir fark gözlenmediği gibi her iki yılın veri setleri Gauss modeli ile en iyi uyumu sağlamıştır (Çizelge 4.21 ). Kontrolsüz etki varyansı (C<sub>0,2006</sub>=2,3x10<sup>3</sup>, C<sub>0,2007</sub>=1,6x10<sup>3</sup>) ve yapısal varyanslar da ((C<sub>0</sub>+C)<sub>2006</sub>=3,8x10<sup>4</sup>, (C<sub>0</sub>+C)<sub>2007</sub>=2,2x10<sup>4</sup>) çizelge 4.21’de görüldüğü gibi her iki yıl için yakın değerlerdedir ve kontrolsüz etki varyansı düşüktür. Bu durum örnekleme noktaları arasındaki en düşük uzaklığın değişkenliği belirlemede yeterli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.11 Toprakta aK'un anizotropik yarıvaryogram modelleri

Birçok araştırıcı farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları çalışmalarda aK'un küresel model ile uyum sağladığını belirlemiş ve 40-387 m arasında değişen yapısal uzaklık değerleri tespit etmişlerdir (Cahn vd. 1994, Everett ve Pierce 1996, Han ve Frost 1996). Kristensen vd. (2003) ise, aK'un arazilerinde üslü model ile uyum sağladığını belirtmiş ve 10 ha arazide yapısal uzaklığı 75 m olarak belirlemiş ve yüksek alansal bağımlılık olduğunu (% 13) bildirmiştir. Benzer şekilde Haneklaus vd. (1997), toplam alanı 880 ha olan üç tarlada yürüttükleri çalışmada aK için yapısal uzaklığın 67–135 m arasında değiştiğini bununla beraber benzer özellikteki iki tarlanın değerlerinin birbirine yakın olduğunu belirtmişlerdir.

Toprakta aK'un alansal bağımlılık derecesi ilk yıl % 6,1 ve ikinci yıl % 7,5 değerleri ile çok yakın düzeylerde bulunmuştur (Çizelge 4.21). Bu değerlere göre toprakta aK oldukça yüksek bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).

Çapraz doğrulama ile yapılan kontrollerde varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır. Böylece ölçülen ve hesaplanan değerlerler arasında daha yüksek bir ilişki bulabilmek için bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır (Çizelge 4.22) (EK 18, EK 19).

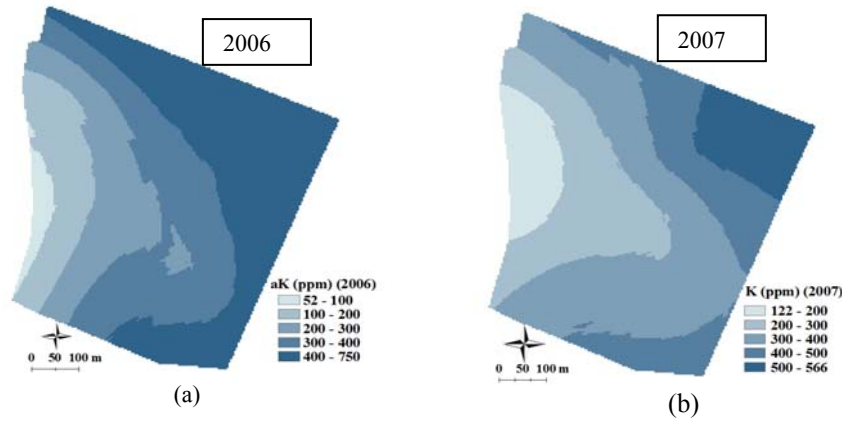
Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında, varyogram modelinin ölçülen değerlere diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi oldukça yakın tahminde (bkz. Çizelge 4.44  $\text{CD}_R^2 = 0,98$ ) bulunduğu görülmektedir. Varyogram modeli tahminde düşük değerleri yüksek tahmin ederken, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde olmakla beraber, sonuçlar bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.22).



Çizelge 4.22 Toprakta aK'un ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006	Ölçülen 2007	Tahmin edilen 2007
Ortalama ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	460,5	456,3	404,4	405,3
Standart Sapma	122,4	110,6	94,7	82,0
DK, %	26,6	24,2	23,4	20,2
Varyans	14.983,3	12.225,6	8.960,7	6.722,1
En Küçük ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	99,5	115,2	127,8	140,8
En Büyük ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	763	617,1	622,8	514,4
Örnek Sayısı	260	253	260	255

Şekil 4.12.a.b'de her iki yılın I. örnekleme dönemindeki krigeleme mekânsal dağılımları görülmektedir. Her iki yılda da mekânsal yapı genellikle birbirine benzerlik göstermekte ve aK oranının yüksek ve düşük olduğu alanlar aynı bölgelerde yer almaktadır. Bu durum, gerek arazideki tarımsal uygulamaların, gerekse diğer etkenlerin her iki yılın bu döneminde mekânsal yapıda bir değişime neden olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.12 Toprakta aK'un krigeleme mekânsal dağılımı

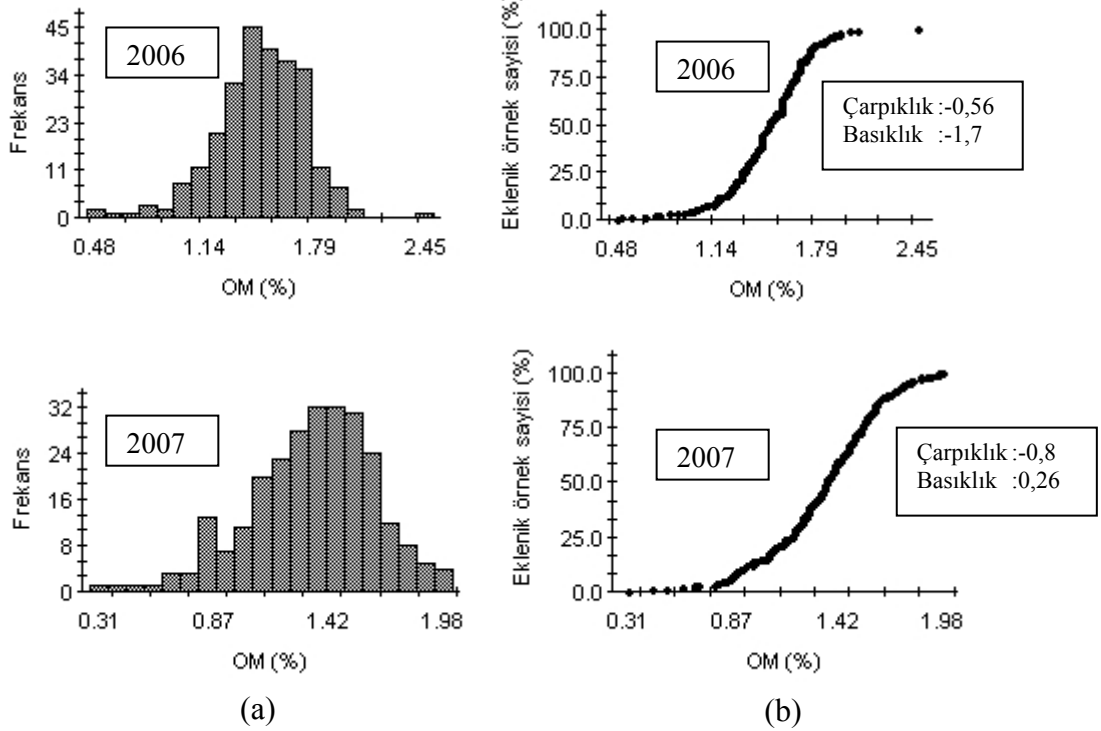
Arazinin kuzey doğu yönünde aK değerleri  $300\text{--}750 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyelerinde iken, batı ve güney batı bölgelerinde aK değerinin  $52\text{--}300 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.12.a.b).

Toprakta aK için 2006 yılı örneklemede 200 m örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigeleme mekânsal dağılım yapısının korunduğu görülmektedir (EK 20).

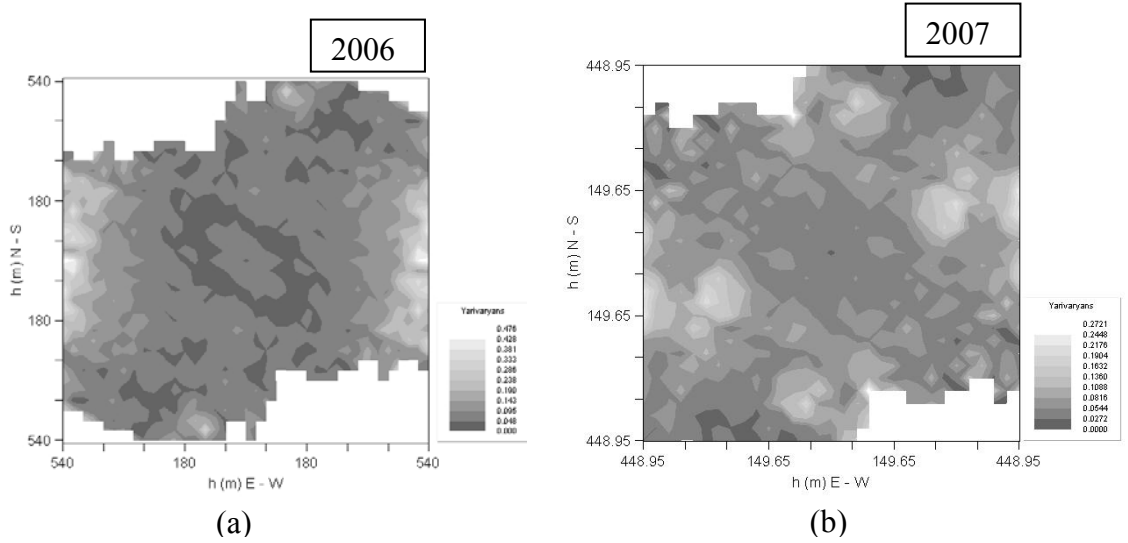
#### 4.1.2.2 Toprak organik maddesi (OM)

Toprak özelliklerinden OM'nin 2006 yılı ve 2007 yılı veri setine, çarpıklık ve basıklık katsayılarının düşük olması (Şekil 4.13.a.b) ve varyogram parametrelerinin belirlenmesinde bir avantaj sağlamaması nedeniyle dönüşüm uygulanmamıştır (Webster 2001, Turgut 2008). Toprakta OM'ye ait örnek frekans dağılımı (Şekil 4.13.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.13.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.

Toprakta OM'nin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş ve majör ve minör yapısal uzaklık arasındaki oranlamada her iki yıl için sırasıyla 0,81 ve 0,8 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.14.a.b) incelendiğinde, tN ve aK'dan farklı olarak ilk yıl kuzeyden itibaren azimut açısı 90° ötelendiğinde, yani ana eksen 90°'de iken, ikinci yıl ise ana eksen 45°'de iken, OM'nin anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 4.13.a. Toprakta OM'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği



Şekil 4.14 Toprakta OM'nin anizotropik varyogram haritası

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum ilk yıl Gauss modeli, ikinci yıl ise üslü model ile sağlanmıştır. Daha sonra aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş ve ilk yıl Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında, ikinci yıl üslü model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır (Çizelge 4.23) (Şekil 15.a.b).

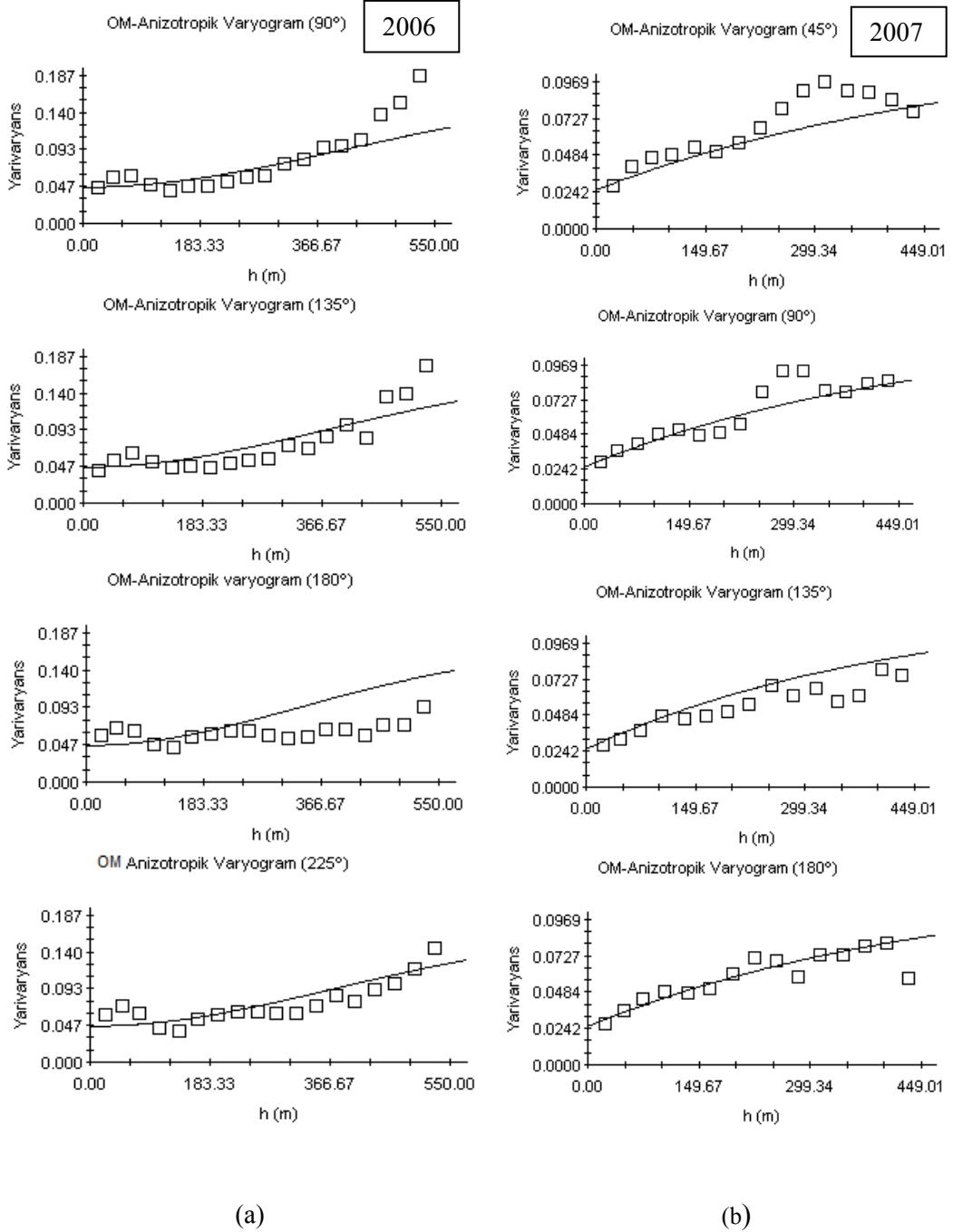
Toprakta OM'nin jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Daha sonra 2007 yılı veri seti ile doğrulaması yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık ilk yıl 576 m, ikinci yıl 421 m; minör yapısal uzaklık ilk yıl 468 m ikinci yıl ise 421 m olarak birbirine yakın değerlerde tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 Toprakta OM'nin jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)

TÖ	VMT	KV ( $C_0$ )	YV ( $C_0+C$ )	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
OM (%) 2006	Gauss	$4,6 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-1}$	576	468	0,85	$2,4 \times 10^{-2}$	27,4	Orta
OM (%) 2007	Üslü	$2,6 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-1}$	523	421	0,83	$4,08 \times 10^{-3}$	21,6	Orta

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Her iki yılın I. dönem örneklemeindeki OM veri setinin farklı yönlerdeki (ilk yıl 90°, 135°, 180°, 225°, ikinci yıl 45°, 90°, 135°, 180°) anizotropi yarıvaryogramları Şekil 4.15.a.b’de görülmektedir.



Şekil 4.15 Toprakta OM'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri

Toprak OM'ne ilişkin modelleme sonuçlarında önemli bir fark gözlenmemiş olup, ilk yıl Gauss modeli ile örnek çiftleri arasında en iyi uyum varken, ikinci yıl örnek çiftleri ve üslü model en iyi uyumu sağlamıştır (Çizelge 4.23). Kontrolsüz etki varyansı ( $C_{0,2006}=4,6 \times 10^{-2}$ ,  $C_{0,2007}=2,6 \times 10^{-2}$ ) ve yapısal varyanslar da [ $(C_0+C)_{2006}=1,6 \times 10^{-1}$ ,  $(C_0+C)_{2007}=1,2 \times 10^{-1}$ ] çizelge 4.23'de görüldüğü gibi her iki yıl için yakın değerlerdedir. Toprakta OM içeriği mekânsal yapı çalışmaları ile ilgili olarak Miller vd. (1988) 5x400 m parsellerde 20 m adım aralığında organik karbon örnekleme yapmışlar ve veri setinin küresel yarıvaryogram modeli ile uyum gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar yarıvaryogram parametrelerini  $C_0= 0,003$ ,  $C_0+C=0,017$ ,  $a=50$  m (ABD= % 15) şeklinde hesaplamışlardır. Mulla ve McBratney (2000), 4x650 m parseller boyunca 15 m adım aralığında OM örnekleme yapmış ve veri setinin küresel model ile uyumlu olduğunu, yapısal uzaklığın 114 m ve ABD' nin % 39 olduğunu hesaplamıştır. Kristensen vd. (2003) ise, Danimarka'da iki farklı tarım arazisinde OM için yapısal uzaklık değerini sırasıyla 135 m-300 m arasında in iyi uyumu üslü model ile sağlayarak belirlemiştir. Turgut (2008) üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada, OM için üst katmanda en iyi uyumu küresel model, sıkışmış katmanda ise doğrusal model ile elde etmiştir. Araştırmacı, üst katmanda yapısal uzaklığı 620 m, sıkışmış katmanda ise 423 m olarak belirlemiştir. Bu çalışmada alansal bağımlılık ise üst katmanda % 39 ve sıkışmış katmanda % 32 ile orta sınıfta bulunmuştur (Turgut 2008). Beckett and Webster (1971) ise bir tarlada OM için değişkenlik katsayısının tipik olarak % 10–30 arasında olduğu ifade etmişlerdir.

Toprakta OM'nin alansal bağımlılık derecesi ilk yıl % 27,4 ve ikinci yıl % 21,6 ile çok yakın değerlerde bulunmuştur (Çizelge 4.23). Bu değerlere göre toprakta OM orta sınıf bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).

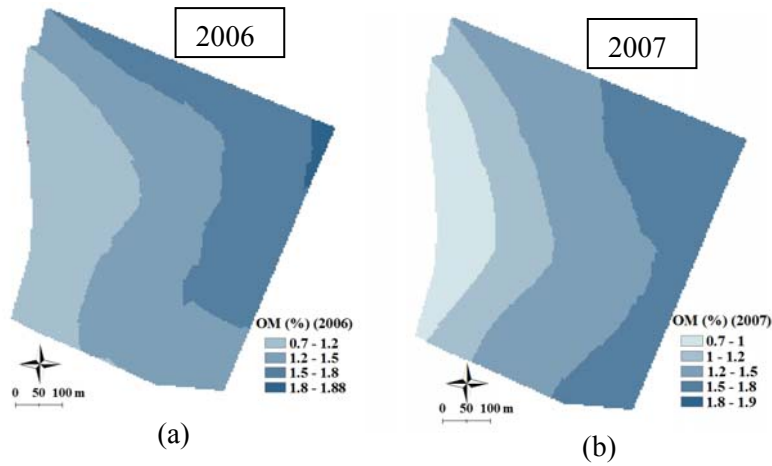
Çapraz doğrulama ile yapılan kontrollerde, farklı adım sınıflarında incelenen örnek çiftlerinden varyogram bulutunda sapma gösterenler, modellemede kullanılmamıştır (EK 18, EK 19). Böylece ölçülen ve hesaplanan değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulabilmek için bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Varyogram modeli tahmininde düşük değerleri yüksek tahmin ederken, yüksek değerleri düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur (Çizelge 4.24). Bu sonuç toprakta OM dağılımını kestirme konusunda, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{ÇD}_R^2 = 0,91$ ) olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. 24 Toprakta OM'nin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006	Ölçülen 2007	Tahmin edilen 2007
<b>Ortalama</b>	1,5	1,5	1,3	1,3
<b>Standart Sapma</b>	0,3	0,1	0,3	0,2
<b>DK , %</b>	18,3	8,9	22,1	11,3
<b>Varyans</b>	0,1	0,0	0,1	0,0
<b>En Küçük</b>	0,5	1,0	0,3	0,9
<b>En Büyük</b>	2,5	1,7	2,0	1,7
<b>Örnek Sayısı</b>	260	258	260	256

Şekil 4.16.a.b'de her iki yılın I. örnekleme dönemindeki anizotropi giderilerek elde edilen krigleme mekânsal dağılımları görülmektedir. Her iki yılda da mekânsal yapı genel itibari ile oldukça benzerlik göstermekte ve OM oranının yüksek ve düşük olduğu alanlar her iki yılda da aynı bölgelerde yer almaktadır.



Şekil 4.16 Toprakta OM'nin krigleme mekânsal dağılımı

Arazide her yıl mısır ekiminin yapıldığı ve anızın araziye bırakıldığı düşünülduğünde, gerek tarımsal faaliyetlerin gerekse iklim gibi değişen özelliklerin OM'nin mekânsal

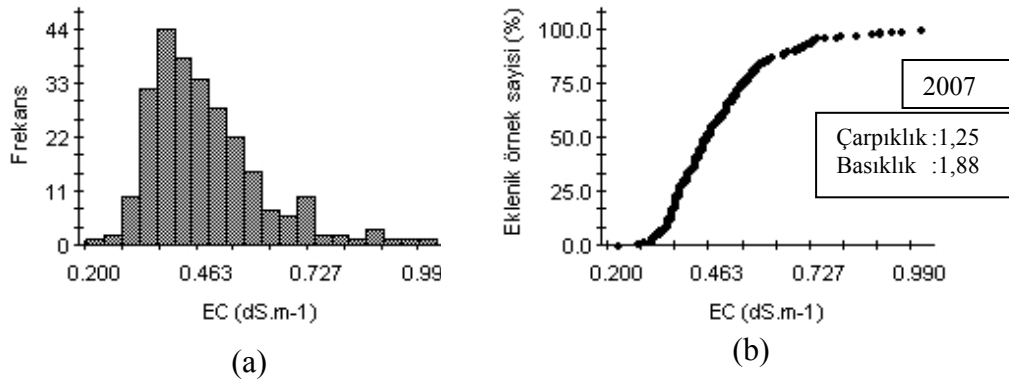
yapısında her iki yılın ekim öncesi döneminde bir değişime neden olmadığı görülmüştür.

Arazinin kuzey doğu yönünde yüzey toprağının OM değerleri % 1,5–1,9 seviyelerinde iken batı ve güney batı bölgelerinde OM değerinin % 0,7–1,5 seviyelerinde olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.16.a.b). Arazide OM'nin, aK'un mekânsal dağılımı ile aynı yönlerde artma, azalma gösterdiği ve aralarında mekânsal bir ilişkinin olduğu gözlenmiştir (bkz. Şekil 4.12).

Toprakta OM için 2006 yılı örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen kirlenme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısının korunduğu görülmektedir (EK 20).

#### 4.1.2.3 Toprak elektriksel iletkenliği (EC)

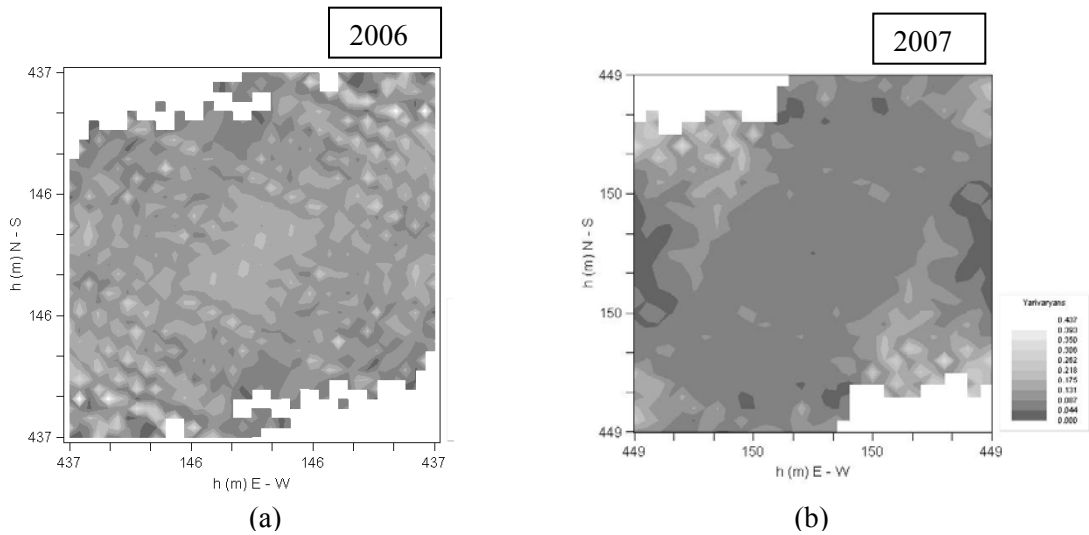
Toprak özelliklerinden EC'nin 2006 yılı veri setinde tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) gözlenmiş ve jeostatistik uygulanmamıştır. Tam kontrolsüz etki varyansı EC'nin bu dönemde alansal bağımsız bir yapı sergilediğini göstermektedir. Toprakta 2007 yılı EC veri setine ait örneklerin frekans dağılımı (Şekil 4.17.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.17.b) normal bir dağılım göstermekte olup varyogram modellemesinde bir avantaj sağlamaması açısından veri dönüşümü uygulanmamıştır (Webster 2001, Sağlam 2008, Turgut 2008).



Şekil 4.17.a. Toprakta EC'nin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği

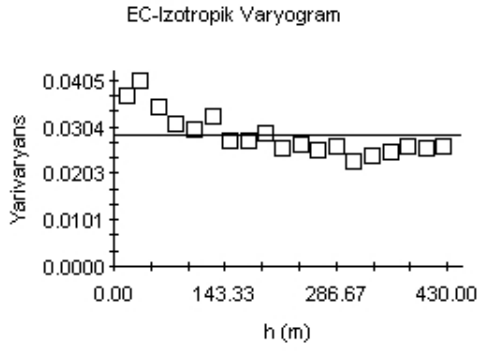
Toprakta EC'nin 2006 yılı veri setinin varyans haritası (Şekil 4.18.a) ve yarıvaryogram eğrisi (Şekil 4.19) incelendiğinde, tam kontrolsüz etki varyansı gözlenmiş ve jeostatistik modelleme uygulanmamıştır. Benzer şekilde, Turgut (2008) yapmış olduğu çalışmada EC'nin hem üst katmanda hem de sıkışmış katmanda tam kontrolsüz etki varyansı gösterdiğini belirtmiştir. Ancak EC'nin 2007 yılı veri seti değerlendirildiğinde, benzer tam kontrolsüz etki varyansı görülmediğinden jeostatistiksel model uygulanmıştır.

EC'nin 2007 yılı veri setinin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,89 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.20) incelendiğinde, kuzeyden itibaren azimut açısı  $90^\circ$  ötelendiğinde yani ana eksen  $90^\circ$ 'de iken, EC'nin düşük bir anizotropik yapı gösterdiği gözlenmektedir. Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum küresel model ile sağlanmıştır.



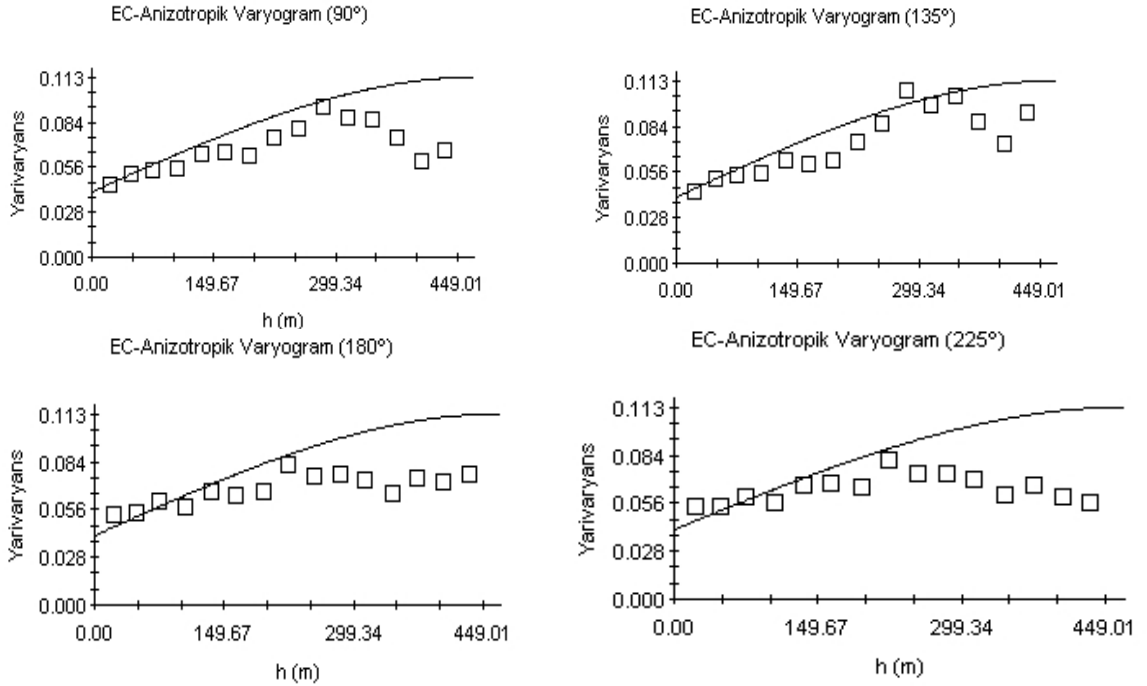
Şekil 4.18 Toprakta EC'nin varyogram haritası





Şekil 4.19 Toprakta EC'nin tam kontrolsüz varyans etki yarıvaryogramı (2006)

Daha sonra aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş ve küresel model eğrisi ile örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Toprak özelliklerinden EC veri setinin (2007) farklı yönlerdeki ( $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ) anizotropi varyogramları Şekil 20'de görülmektedir.



Şekil 4.20 Toprakta EC'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2007)

Toprakta EC'nin jeoistatistiksel modellemesi 2007 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 469 m, minör yapısal uzaklık 417 m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Toprakta EC'nin alansal bağımlılık derecesi % 36,2 ile (Çizelge 4.25) orta sınıf bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994). Sağlam (2008), 1.750 ha arazide EC'nin yapısal uzaklığını 1.981 m, kontrolsüz etki varyansını  $C_0 = 0,0001$  ve yapısal varyansı  $(C_0+C)=0,334$  olarak belirlemiştir. Turgut (2008) üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada, EC için üst katmanda ve sıkışmış katmanda tam kontrolsüz etki varyans olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.25 Toprakta EC'nin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006-2007)

TÖ	VMT	KV ( $C_0$ )	YV ( $C_0+C$ )	MJ_YU	MN_YU	VM_R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
EC ( $dS m^{-1}$ )2006	TKVE								
EC ( $dS m^{-1}$ )2007	Küresel	$4,02 \times 10^{-2}$	0,11	469	417	0,75	0,03	36,2	Orta

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı, TKVE: Tam kontrolsüz etki varyansı

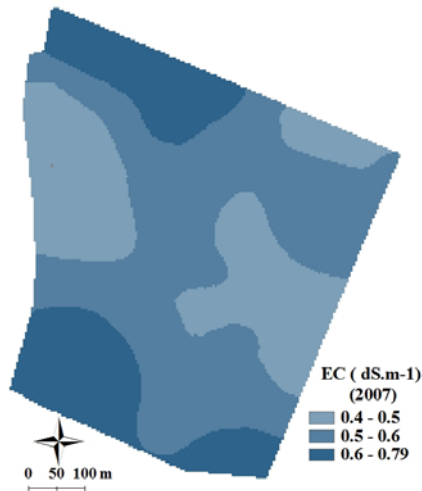
Çapraz doğrulamada örnek çiftleri varyogram bulutunda farklı adım sınıflarında incelenmiş ve varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 19). Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlere oldukça yakın tahminde bulunduğu görülmektedir. Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç tahmin edilen toprak özelliklerinin ölçülmeyen noktalar için nispeten güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\hat{C}D_R^2 = 0,74$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.26).

Şekil 4.21'de EC'nin 2007 yılı I. örnekleme dönemindeki krigleme mekânsal dağılımında görüldüğü gibi EC 0,4-0,7 arasında değişim göstermektedir. Toprakta EC'nin 2006 ve 2007 yılları arasındaki mekânsal yapı tutarsızlığı, bu toprak özelliğinin yağış, sulama, gübreleme buharlaşma gibi süreçlerin etkisi ile zamansal ve alansal oldukça dinamik ve çok değişken bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.26 Toprakta EC'nin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2007	Tahmin edilen 2007
Ortalama (dS m <sup>-1</sup> )	0,460	0,457
Standart Sapma	0,112	0,070
Değişkenlik Katsayısı, %	28,9	15,2
Varyans	0,018	0,005
En Küçük (dS m <sup>-1</sup> )	0,2	0,359
En Büyük (dS m <sup>-1</sup> )	0,985	0,653
Örnek Sayısı	260	258

Toprak tuzluluğunun bir göstergesi olarak yararlanılmakta olan EC değerleri, diğer birçok toprak özelliğinin aksine, özellikle toprağın ıslanma-kuruma süreçlerine bağlı olarak zaman içinde önemli dalgalanmalar göstermektedir. Öte yandan sulama suları ve gübreleme de (etkin maddelerin yanı sıra dolgu da dahil olmak üzere) toprakta EC değerinin bitki büyüme süreci boyunca artmasına, kış yağışları ise, yıkayıcı etkileriyle azalmasına yol açmaktadır. Bu bakımdan, bazı tuzların toprağın yapısını geliştirmesi ve suyun toprağa girmesini kolaylaştırıcı etkilerine karşın, EC değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında ilişki aramak, her zaman doğru bir yaklaşım değildir. Bununla birlikte Delin (2005), EC, toprak nemi ve kil içeriği arasında topografyanın kontrol ettiği bir ilişki belirlemiştir. Ancak bu arazide eğim % 0,2 olduğundan topografyanın kil içeriği, toprak nemi ve dolayısı ile EC üzerinde bir etkisi yoktur. Kil içeriği ve EC arasında da önemli bir ilişki bulunmamıştır.

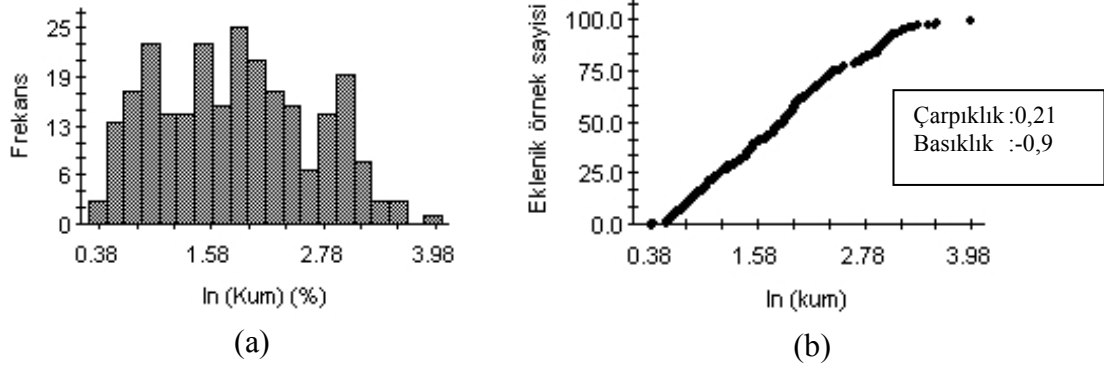


Şekil 4.21 Toprakta EC'nin krigleme mekânsal dağılımı (2007)

#### 4.1.2.4 Toprak bünyesi (kum, silt, kil)

##### 4.1.2.4.1 Toprağın kum içeriği

Toprakta 2 mm ile 0,05 mm tane büyüklüğü sınırları içinde yer alan kum fraksiyonu, toprağın daha çok fiziksel özelliklerini yönlendirir. Kumun veri setine, yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Webster 2001, Başkan 2004, Sağlam 2008, Turgut 2004) (Şekil 4.22.a.b). Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmıştır; ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri ise gerçek veriler üzerinden yapılmıştır. Toprak kum içeriğine ait frekans dağılım grafiği (Şekil 4.22.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.22.) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir. Çarpıklık katsayısı dönüşümle beraber 1,84'den 0,21'e, basıklık ise 4,85'den 0,90 değerine düşerek modellemede kolaylık sağlamıştır.

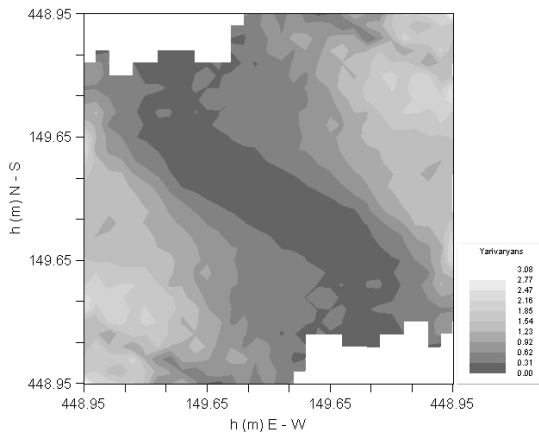


Şekil 4.22.a. Toprakta kumun frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006)

Toprakta kum içeriğinin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,64 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı 90° ötelendiğinde, yani ana eksen 90°'de iken, anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.23) incelendiğinde, kumun OM gibi aynı yönde ve açıda anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi ekseninde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum Gauss modeli ile sağlanmıştır.

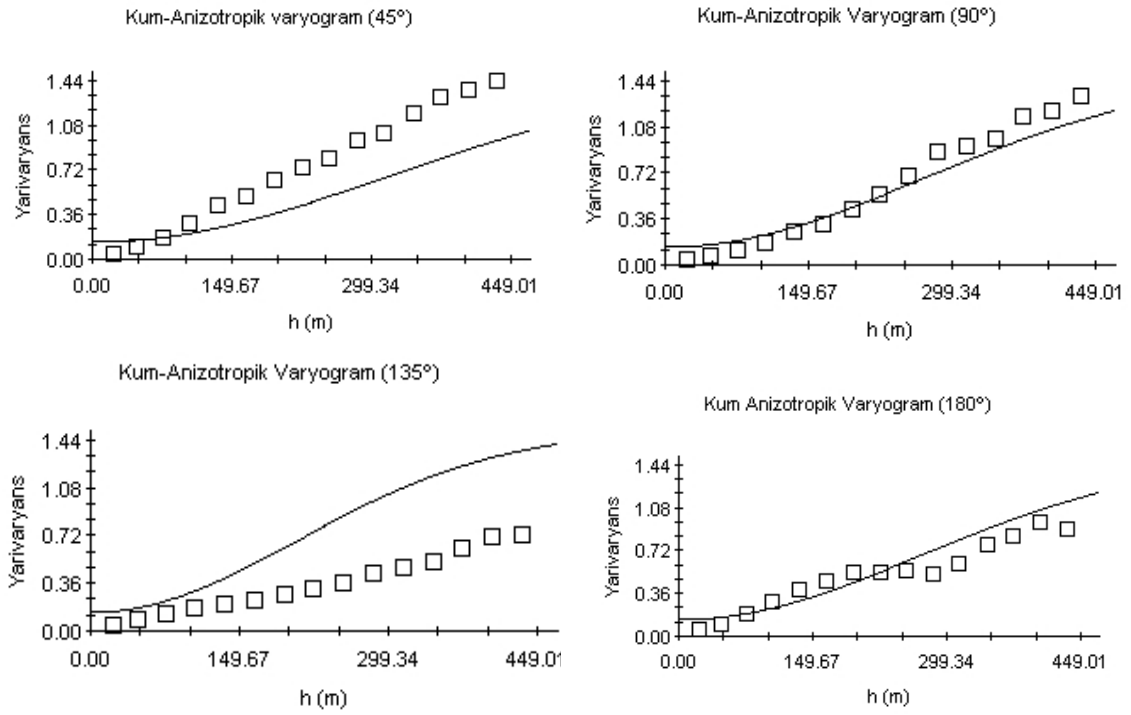
Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır.



Şekil 4.23 Toprakta kumun anizotropik varyogram haritası (2006)

Toprak kum içeriği veri setinin farklı yönlerdeki ( $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ) anizotropi varyogramları Şekil 4.24'de görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyumu  $90^\circ$  ve buna dik yöndeki  $180^\circ$ 'de sağlanmıştır. Anizotropik yarıvaryogramlardan da görüldüğü gibi kısa mesafelerde oldukça düzenli değişim gözlenmekte; örnek çiftleri arasındaki adım uzaklığı (h) arttıkça varyans değeri de artmaktadır (Şekil 4.24).

Toprakta kumun jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 455 m, minör yapısal uzaklık 292 m olarak belirlenmiştir. (Çizelge 4.27). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.27 'de görüldüğü yapısal varyansa oranla düşük bir değerde olup,  $C_0=1,4 \times 10^{-1}$  iken,  $C_0+C=1,51$  seviyelerindedir. Toprakta kumun alansal bağımlılık derecesi % 9,1 ile (Çizelge 4.27) oldukça yüksek bir mekânsal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).



Şekil 4.24 Toprakta kumun anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Çizelge 4.27 Toprakta kumun jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006)

TÖ	VMT	KV ( $C_0$ )	YV ( $C_0+C$ )	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
Kum (%)	Gauss	$1,4 \times 10^{-1}$	1,51	455	292	0,97	0,12	9,1	Yüksek

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM-R<sup>2</sup>: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

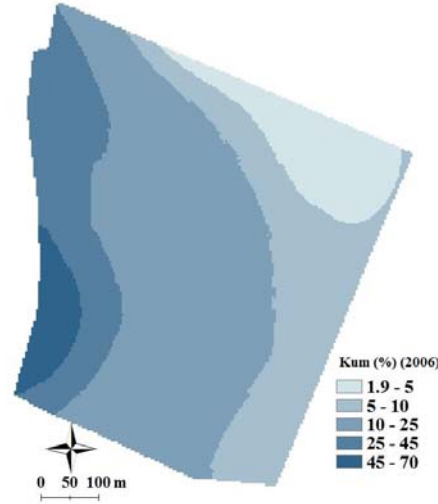
Çoğu araştırmacı, farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları çalışmalarda kumun, bu çalışmada elde edilen bulgularının dışında küresel model ile uyum sağladığını (Vauclin vd. 1983, Miller vd. 1988, Mulla 1988, Başkan 2004, Sağlam 2008) belirtmiştir. Yapısal uzaklığı, Miller vd. (1988) 0,2 ha arazide 75 m, Mulla (1988) 0,24 ha arazide 71 m, Vauclin vd. (1983) 0,28 ha arazide 33,5 m, Başkan (2004) 45 km<sup>2</sup> alanda 19.050 m ve Sağlam (2008) 1.750 ha arazide 1.736 m bulmuşlardır. Chien vd.(1997) tarafından yapılmış olan bir başka çalışma da mekânsal yapının ölçeğe bağlı olduğunu bir kez daha göstermektedir. Araştırmacılar, 1.000 ha alanda 250 m grid aralıklarıyla düzenlenmiş bir örnek deseninde, yarıvaryogram parametrelerini kum için  $C_0= 0,718$ ,  $C=0,344$ ,  $a=1.046$  m olarak hesaplamışlardır. Bu ölçekte parçacık oranlarının ABD= % 67 ile zayıf bir alansal bağımlılık eğilimi gösterdiği belirtilmiştir (Chien vd. 1997). Turgut (2008) üst ve sıkışmış katmanda

olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada, kum için üst katmanda en iyi uyumu üslü model, sıkışmış katmanda ise küresel model ile sağlamıştır. Üst katmanda yapısal uzaklık 148 m iken, sıkışmış katmanda 270 m bulunmuştur. Alansal bağımlılık ise üst katmanda % 4 ve sıkışmış katmanda % 25 ile yüksek düzeyde bulunmuştur (Turgut 2008). Benzer başka bir çalışmada Gajem vd. (1981), otokorelasyon analizleri kullanarak 20 m düz bir hat boyunca 0,2 m aralıklı yoğun örnekleme sonucu tüm bünye bileşenleri için yapısal uzaklığı 5 m'nin üzerinde bulmuşlardır. Daha geniş bir alanda Webster ve Cuanalo (1975), 3,2 km hat boyunca 10 m aralıklarla örnekleme yapmışlar ve bünye korelogramına göre yapısal uzaklığı 230 m olarak belirlemişlerdir. Bu yapısal uzaklık, toprak tipi değişkenliğindeki ana materyal etkisini tetikleyen litolojideki yapısal uzaklıkla ilişkilendirilmiştir.

Çapraz doğrulamada varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 18). Çizelge 4.28'de ölçülen ve tahmin edilen ortalama değerlere bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlere oldukça yakın tahminde bulunduğu görülmektedir. Çizelge 4.28'deki sonuçlar toprakta kum içeriği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{CD}_R^2 = 0,74$ ) olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.28 Toprakta kumun ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	<b>Ölçülen 2006</b>	<b>Tahmin edilen 2006</b>
<b>Ortalama (%)</b>	8,9	9,1
<b>Standart Sapma</b>	7,9	7,6
<b>Değişkenlik Katsayısı, %</b>	89,4	84,9
<b>Varyans</b>	61,7	57,7
<b>En Küçük (%)</b>	1,5	1,8
<b>En Büyük (%)</b>	53,5	51,0
<b>Örnek Sayısı</b>	260	256



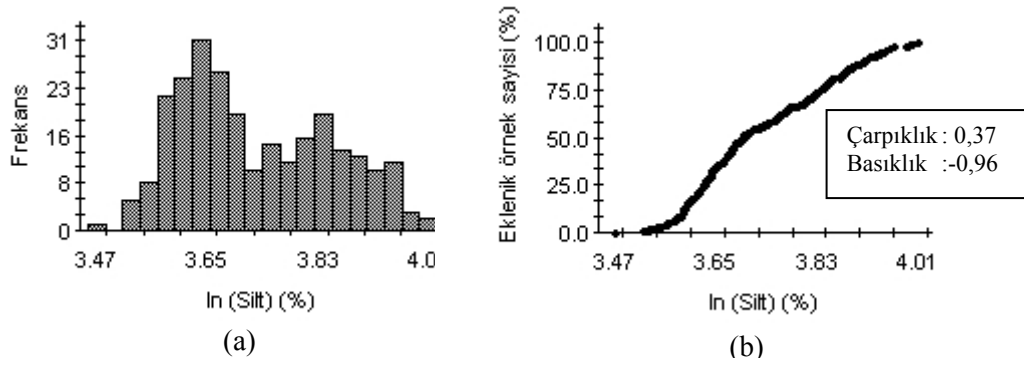
Şekil 4.25 Toprakta kumun krigleme mekânsal dağılımı (2006)

Toprakta kum içeriğinin mekânsal dağılımı incelendiğinde arazinin kuzeydoğu yönünde kum değerleri % 1,9–5 seviyelerinde iken batı ve güneybatı bölgelerinde kum miktarının % 45–70 arasında olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.25). Benzer şekilde arazide OM ve aK dağılımları da zıt yönlerde artma ve azalma göstermektedir. (bkz. Şekil 4.12, Şekil 4.16).

#### 4.1.2.4.2 Toprağın silt içeriği

Silt, kil taneleri oranında olmasa da, toprakta fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara yön verici bir tanecik büyüklüğü olup, ayrıca organomineral bileşiklerin oluşumu ve agregasyon gibi olaylarda da önemli rol oynar. Silt içeriğinin mekânsal dağılımı da; kum, kil ve OM fraksiyonları gibi arazide mekânsal toprak-bitki ilişkilerini açıklayabilmek açısından önemlidir. Silt içeriği veri setine yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Webster 2001, Başkan 2004, Sağlam 2008). Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmış ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri gerçek veriler üzerinden yapılmıştır. Krigleme yüzeyleri orijinal veriler üzerinden tahmin edilmiştir. Toprak silt içeriğine ait örneklerin frekans dağılımı (Şekil 4.26.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.26.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.

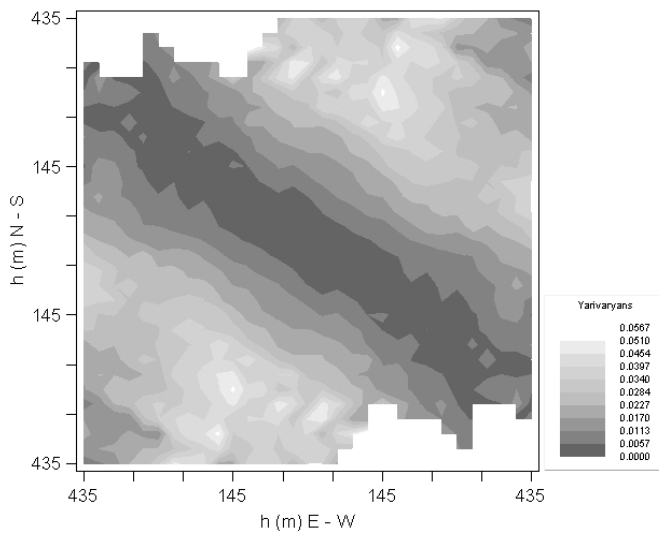




Şekil 4.26.a Toprakta siltin frekans dağılımı ve b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006)

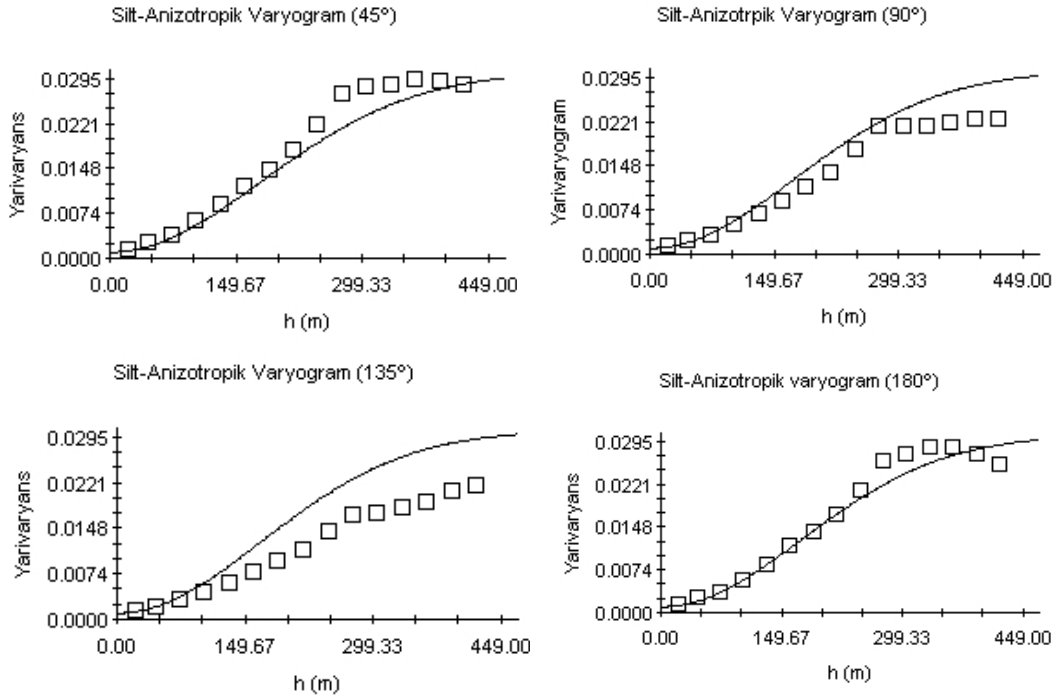
Toprakta silt içeriğinin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş ve majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,73 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı 45° ötelendiğinde, yani ana eksen 45°'de iken, anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.27) incelendiğinde, toprak silt içeriğinin aK ve tN' ile aynı yönde ve açıda anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum Gauss modeli ile sağlanmıştır.



Şekil 4.27 Toprakta siltin anizotropik varyogram haritası (2006)

Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Toprak silt içeriği veri setinin farklı yönlerdeki (45°, 90°, 135°, 180°) anizotropi varyogramları Şekil 4.28’de görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyumu 90° ve 180°’de sağlanmıştır.



Şekil 4.28 Toprakta siltin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Toprakta siltin jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 245 m, minör yapısal uzaklık 180 m ile arazideki en düşük yapısal uzaklık olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.29’da görüldüğü yapısal varyansa oranla düşük bir değerde olup  $C_0=1,76 \times 10^{-3}$  iken,  $C_0+C=3,2 \times 10^{-2}$  seviyelerinde gözlenmiştir. Toprakta siltin alansal bağımlılık derecesi % 5,4 ile (Çizelge 4.29) oldukça yüksek bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994). Birçok araştırmacı farklı arazi büyüklüklerinde, farklı fizyografik yapısında ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları çalışmalarda siltin bu çalışmada elde edilen bulguların dışında küresel model

(Miller vd. 1988, Başkan 2004, Sağlam 2008) ve doğrusal model ile (Vauclin vd. 1983, Burden ve Selim 1989) uyum sağladığını belirtmişlerdir. Yapısal uzaklığı, Miller vd. (1988) 0,2 ha arazide 75 m, Vauclin vd. (1983) 0,28 ha arazide 50 m, Başkan (2004) 45 km<sup>2</sup> arazide 12.520 m ve Sağlam (2008) 1.750 ha arazide 1.769 m olarak belirlemiştir. Chien vd.(1997) tarafından yapılmış olan bir başka çalışma da mekânsal yapının ölçüğe bağlı olduğunu bir kez daha göstermektedir. Araştırmacılar 1000 ha alanda 250 m grid aralıklarıyla düzenlenmiş bir örnek deseninde, yarıvaryogram parametrelerini silt için C<sub>0</sub> 0,736, C=0,372, a=1.290 m olarak hesaplamışlardır. Bu ölçekte siltin ABD= % 66 ile zayıf alansal bağımlılık eğilimi gösterdiği belirtilmiştir (Chien vd. 1997). Turgut (2008), üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada üst katmanda ve sıkışmış katmanda silt için en iyi uyumu üslü model ile elde etmiştir. Bu çalışmada üst katmanda yapısal uzaklık 121 m iken sıkışmış katmanda 112 m bulunmuştur. Alansal bağımlılık ise üst katmanda % 12 ve sıkışmış katmanda % 9 ile yüksek düzeyde bulunmuştur (Turgut 2008).

**Çizelge 4.29 Toprakta siltin jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006)**

TÖ	VMT	KV (C)	YV (C <sub>0</sub> +C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
Silt (%)	Gauss	1,76x10 <sup>-3</sup>	3,2x10 <sup>-2</sup>	245	180	0,98	2,0x10 <sup>-3</sup>	5,4	Yüksek

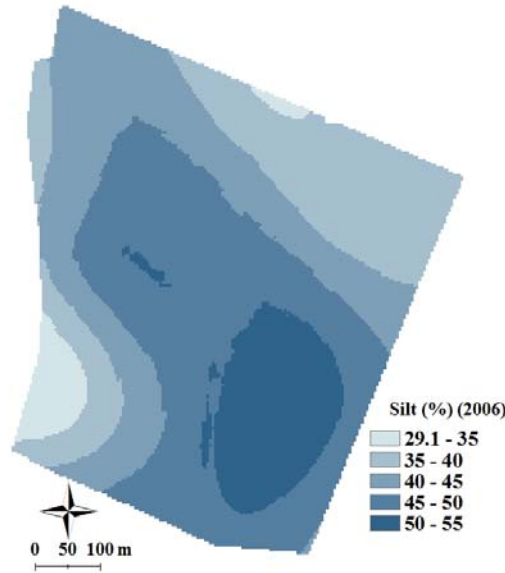
TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Çapraz doğrulamada varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 18). Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında, varyogram modelinin ölçülen değerlerle yakın tahminde bulunduğu görülmektedir. Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{CD}_R^2 = 0,77$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30 Toprakta siltin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006
Ortalama (%)	41,9	42,3
Standart Sapma	5,3	4,9
Değişkenlik Katsayısı, %	12,8	11,6
Varyans	28,6	23,8
En Küçük (%)	27,8	34,7
En Büyük (%)	54,9	54,0
Örnek Sayısı	260	255

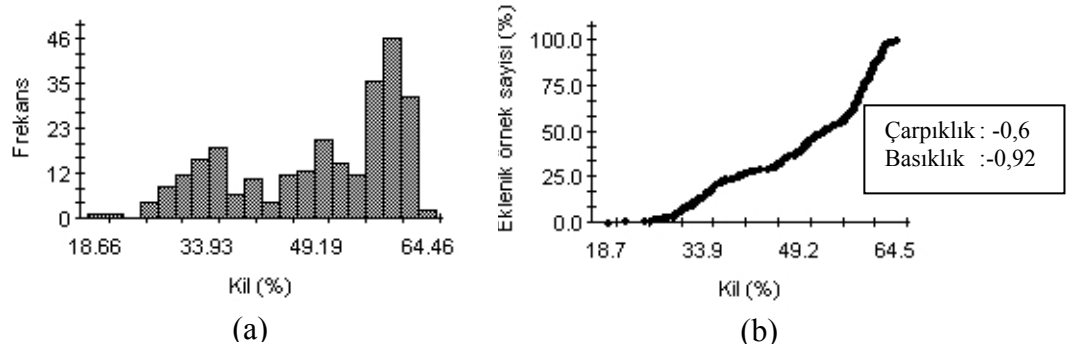
Krigleme mekânsal dağılımı incelendiğinde arazinin güneybatı ve kuzeydoğu yönünde silt değerleri % 29–45 seviyelerinde değişirken, güney ve güneydoğu bölgelerinde ise % 50–55 arasında değiştiği gözlenmektedir (Şekil 4.29). Arazinin özellikle orta kısımlarında silt içeriği artmaktadır. Silt içeriğinin mekânsal dağılımı da kum, kil ve OM fraksiyonları gibi arazide mekânsal olarak toprak-bitki ilişkilerini açıklayabilmek için önemlidir.



Şekil 4.29 Toprakta siltin krigleme mekânsal dağılımı (2006)

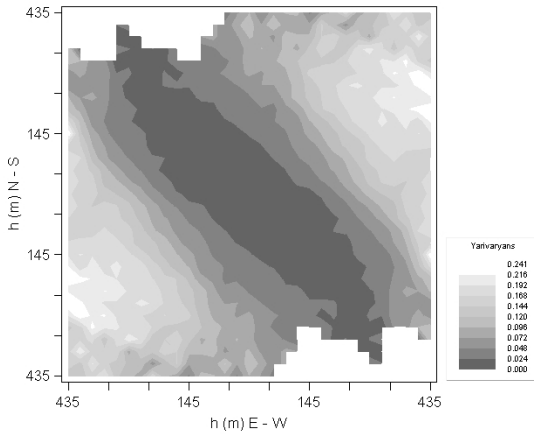
#### 4.1.2.4.3 Toprağın kil içeriği

Kilin veri setine çarpıklık ve basıklık katsayılarının düşük olması (Şekil 4.30a, b) ve varyogram parametrelerinin belirlenmesinde bir avantaj sağlamaması nedeniyle veri dönüşümü uygulanmamıştır (Webster 2001, Başkan 2004, Sağlam 2008). Toprak kil içeriğine ait örnek frekans dağılımı (4.30.a) ve eklenik örnek dağılım grafiğinde (Şekil 4.30b) bazı sapmalara rağmen kil miktarının normal dağılım sergilediği söylenebilir.



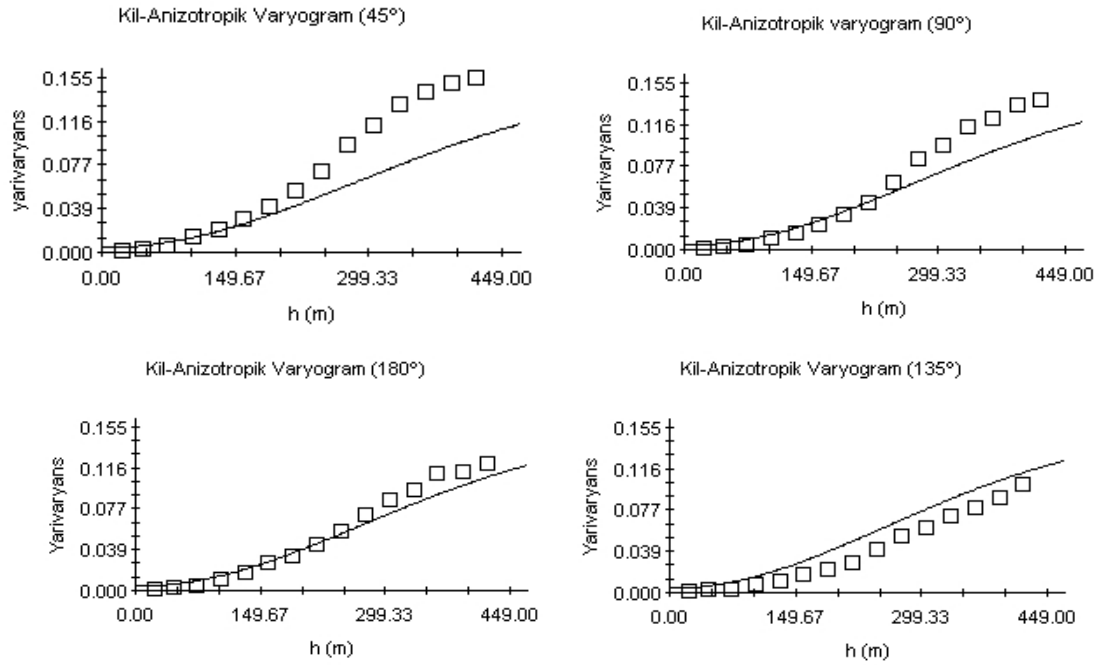
Şekil 4.30.a Toprakta kilin frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006)

Toprakta kil içeriğinin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş ve majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,73 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı 45° ötelendiğinde, yani ana eksen 45°'de iken, anizotropik varyogram haritası (Şekil 4.31) incelendiğinde, toprak kil içeriğinin aK ve tN' ile aynı yönde ve açıda anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 4.31 Toprakta kilin anizotropik varyogram haritası (2006)

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi ekseninde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum her iki yıl için de Gauss modeli ile sağlanmıştır. Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Toprak kil içeriği veri setinin farklı yönlerdeki ( $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ) anizotropik varyogramları Şekil 4.32’de görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyum  $90^\circ$  ve buna dik yöndeki  $180^\circ$ ’deki anizotropik varyogramlarda sağlanmıştır.



Şekil 4.32 Toprakta kilin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Toprakta kilin jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 435 m, minör yapısal uzaklık 321 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.31’de görüldüğü yapısal varyansa oranla düşük bir değerde  $C_0=4,02 \times 10^{-3}$  iken,  $C_0+C=1,5 \times 10^{-1}$  seviyelerindedir. Kil % 2,6 ile (Çizelge 4.31) oldukça yüksek bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).

Çizelge 4.31 Toprakta kilin jeoistatistiksel modelleme sonuçları (2006)

TÖ	VMT	KV (C <sub>0</sub> )	YV (C <sub>0</sub> +C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
Kil (%)	Gauss	4,02x10 <sup>-3</sup>	1,5x10 <sup>-1</sup>	435	321	0,99	2,9x10 <sup>-5</sup>	2,6	Yüksek

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM-R<sup>2</sup>: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Çoğu araştırmacı farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları benzer çalışmalarda kilin bu çalışmada elde edilen bulguların dışında küresel model (Miller vd. 1988, Mulla 1988, Başkan 2004, Sağlam 2008) ve doğrusal model ile (Vauclin vd. 1983, Burden ve Selim 1989) uyum sağladığını belirtmiştir. Yapısal uzaklığı, Miller vd. (1988) 0,2 ha arazide 75 m, Mulla (1988) 0,24 ha arazide 93,2 m, Vauclin vd. (1983) 0,28 ha arazide 35,7 m, Başkan (2004) 45 km<sup>2</sup> arazide 17.990 m ve Sağlam (2008) 1.750 ha arazide 1.594 m bulmuştur. Chien vd. (1997) tarafından yapılmış olan bir başka çalışma da mekânsal yapının ölçeğe bağlı olduğunu bir kez daha göstermektedir. Araştırmacılar 1.000 ha alanda 250 m grid aralıklarıyla düzenlenmiş bir örnek deseninde, yarıvaryogram parametrelerini kil için C<sub>0</sub>= 0,770, C=0,172, a=723 m olarak hesaplamıştır. Bu ölçekte kilin ABD= % 81 ile oldukça zayıf alansal bağımlılık eğilimi gösterdiği belirtilmiştir (Chien vd. 1997). Turgut (2008) üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada kil için üst katmanda en iyi uyumu üslü model, sıkışmış katman için küresel model ile sağlamıştır. Üst katmanda yapısal uzaklığı 627 m, sıkışmış katmanda 302 m olarak bulmuştur. Alansal bağımlılığı ise üst katmanda % 9 ve sıkışmış katmanda % 19 ile yüksek düzeyde bulmuştur (Turgut 2008).

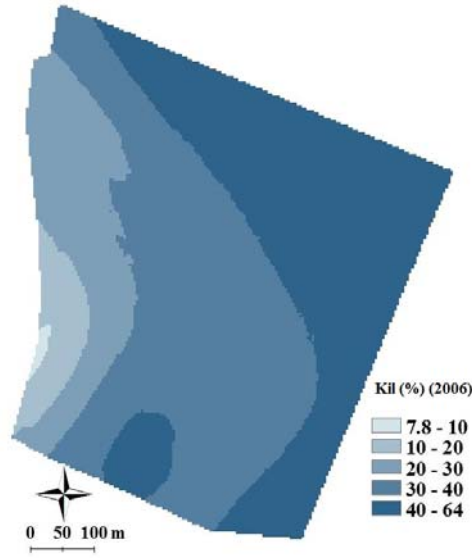
Çapraz doğrulamada varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 18). Böylece ölçülen ve hesaplanan değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulabilmek için bazı örnek çiftleri değerlendirme dışı bırakılmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32’de ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlerle aynı tahminde bulunduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, bu toprağın kil kapsamı konusunda ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir olduğunu göstermektedir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{ÇD}_R^2 = 0,97$ ).

Çizelge 4.32 Toprakta kilin ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006
Ortalama (%)	49,4	49,8
Standart Sapma	11,5	11,2
Değişkenlik Katsayısı, %	23,1	22,7
Varyans	130,7	124,9
En Küçük (%)	18,7	16,9
En Büyük (%)	64,5	62,9
Örnek Sayısı	260	253

Şekil 4.33’de krigleme mekânsal dağılımları incelendiğinde, arazinin kuzeydoğu yönünde kil değerleri % 40–45 seviyelerinde iken batı ve güneybatı bölgelerinde kil seviyelerinin % 7,8–20 arasında olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.33). Benzer şekilde arazide aK, OM dağılımları da aynı yönlerde artma ve azalma göstermekte, bu durum kil ile kum arasında zıt yönde; kil ile OM ve aK arasında aynı yönde mekânsal bir ilişkinin varlığını göstermektedir (bkz. Şekil 4.12, Şekil 4.16, Şekil 4.25).



Şekil 4.33 Toprakta kilin krigleme mekânsal dağılımı (2006)



Toprak verimliliğinde etkili olan toprak fiziksel özelliklerinden kilin mekânsal dağılımı, KDK ve aK dağılımını denetlemektedir. Özgül yüzey alanı kil kolloidlerinde, türüne göre değişik oranlarda yüksek seviyelerdedir

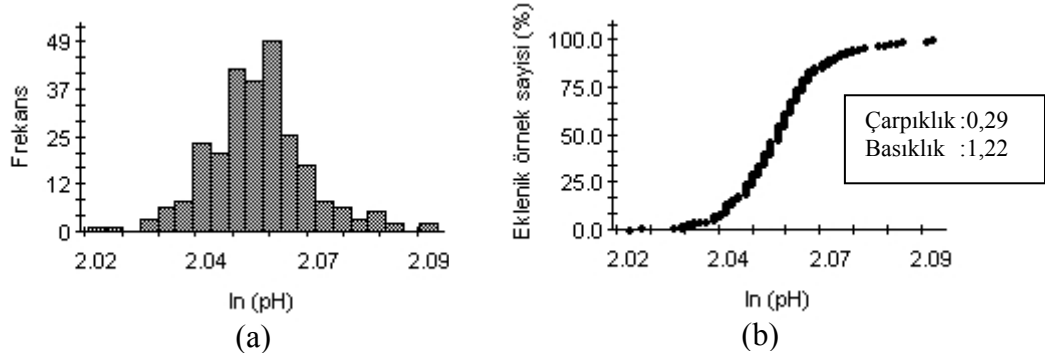
Yüksek özgül yüzey alana ve buna bağlı olarak da yüksek yüzeysel tutma ve salma özelliğine sahip olan toprak kil içeriği aK'un mekânsal dağılımını etkilemektedir. Bu nedenle önemli bir değişim katyonu olan  $K^+$ 'un arazideki mekânsal davranışını denetleyen, bununla beraber uygun oranlarda bulunması yüksek verimliliği de sağlayan önemli bir toprak bünye unsurudur. Benzer şekilde, Miller vd. (1988) de kil parçacıklarının yüzey yük etkilerinin bitki besin maddeleri davranışlarını ve uygulanan gübrenin ve pestisitlerin tepkimelerini doğrudan etkilediğini ve bu etkinin de mekânsal yapıya yansıdığını belirtmektedir.

#### **4.1.2.5 Toprak pH'sı**

Çok sayıda fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı yönlendiren toprak reaksiyonu, küçük mevsimlik dalgalanmalar dışında oldukça kararlı bir parametredir. Araştırma alanında pH değerleri değişiminin, alanın tekdüze yapısı göz önüne alındığında, oldukça dar sınırlar içinde değiştiği belirlenmiştir. Yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı pH veri setine logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmıştır; ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri gerçek veriler üzerinden yapılmıştır. Krigleme yüzeyleri orijinal veriler üzerinden tahmin edilmiştir (Webster 2001, Sağlam 2008, Turgut 2008). Toprak pH'sına ait örneklerin frekans dağılımı (Şekil 4.34.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.34.b) normal dağılım sergilemektedir.

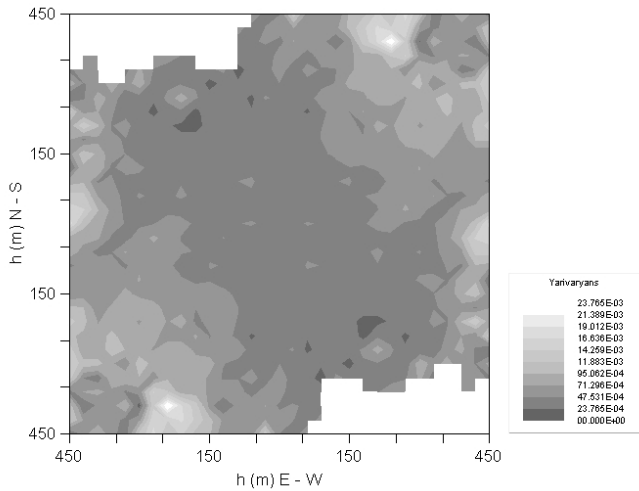
Toprakta pH'nın mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,74 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı  $45^\circ$  ötelendiğinde, yani ana eksen  $45^\circ$ 'de iken, anizotropik varyogram haritaları (Şekil 4.35)

incelendiğinde, pH'nın kil, aK ve tN kapsamaları ile aynı yönde ve benzer açıda anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 4.34.a.Toprakta pH'nın frekans dağılımı, b. Eklilik örnek dağılım grafiği (2006)

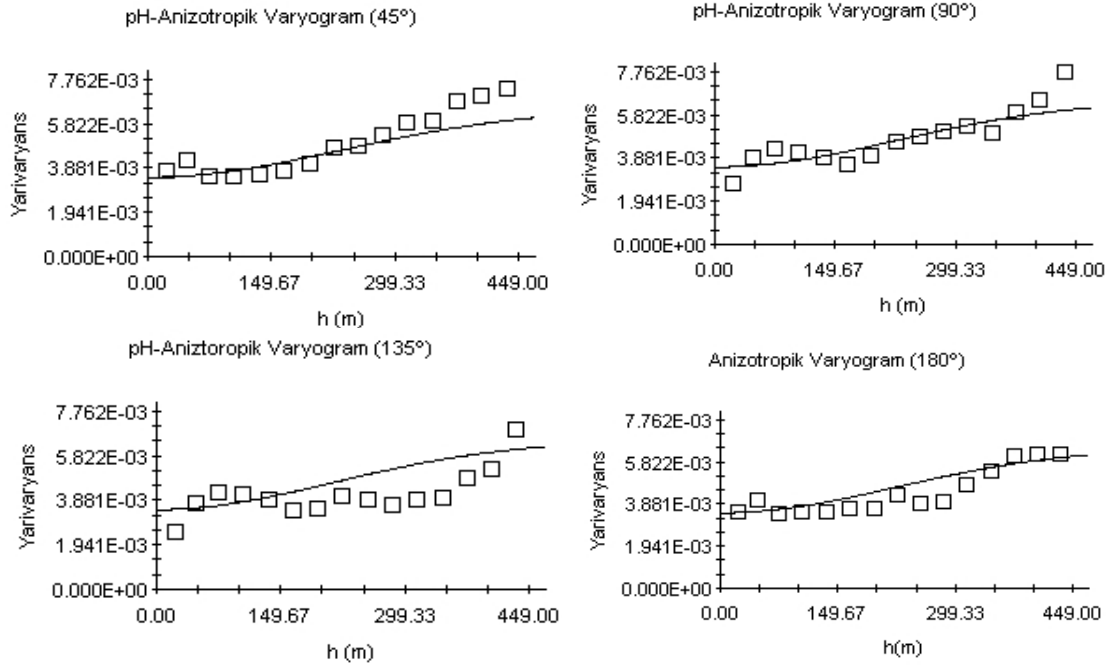
Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum Gauss modeli ile sağlanmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.35 Toprakta pH'nın anizotropik varyogram haritası (2006)

Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Toprak pH'sının veri setinin farklı yönlerdeki ( $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ) anizotropi varyogramları

Şekil 4.36’da görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyumu 45° ve 90°’deki anizotropik varyogramlarda sağlanmıştır.



Şekil 4.36 Toprakta pH’nın anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Toprakta pH’nın jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 330 m, minör yapısal uzaklık 245 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.33). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.33’de görüldüğü yapısal varyansa yakın bir değerde [ $(C_0=3,48 \times 10^{-3}, C_0+C=6,4 \times 10^{-3})$ ] bulunmuştur. Kontrolsüz etki varyansının yüksek olması küçük mesafelerde mekânsal değişkenliğin yüksek olduğunu göstermektedir. Toprakta pH % 54,3 ile (Çizelge 4.33) zayıf bir alansal bağımlılık yapısı göstermiştir (Camberdella vd. 1994).

Çizelge 4.33 Toprakta pH’nın jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006)

TÖ	VMT	KV ( $C_0$ )	YV ( $C_0+C$ )	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
pH	Gauss	$3,48 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$	330	245	0,87	$2,66 \times 10^{-5}$	53,2	Orta

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM-R<sup>2</sup>: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Birçok araştırmacı farklı arazi büyüklüklerinde ve örnekleme aralıklarında yapmış oldukları benzer çalışmalarda, pH'nın, bu çalışmada elde edilen bulgularının dışında, küresel model (Laslett vd. 1987, Cambardella vd. 1994, Pierce ve Gaye 1995, Mulla ve McBratney 2000, Sağlam 2008) ve üslü model ile (Kristensen vd. 2003) uyum sağladığını belirtmiştir. Yapısal uzaklığı Kristensen vd. (2003) 10 ha arazide 57 m, Laslett vd. (1987) 0,1 ha arazide 50 m, Sağlam (2008) 1.750 ha arazide 1.295 m bulmuşlardır. Kontrolsüz etki varyansı ve yapısal varyansı kullanarak Mulla ve McBratney (2000) % 28, Pierce ve Gaye (1995) % 32, Laslett vd. (1987) % 55 ile zayıf bir alansal bağımlılık bulurken, Cambardella vd. (1994) % 8,5 ve Sağlam (2008) % 12 ile yüksek alansal bağımlılık bulmuşlardır. Turgut (2008) üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada, pH için üst katmanda tam kontrolsüz etki varyansı olduğunu belirlerken, sıkışmış katman için en iyi uyumu küresel model ile sağlamıştır. Yapısal uzaklık sıkışmış katmanda 610 m bulunurken, alansal bağımlılık sıkışmış katmanda % 38 ile orta düzeyde bulunmuştur (Turgut 2008).

Çapraz doğrulamada diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi, varyogram bulutunda sapma gösteren bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 18). Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlere yakın tahminde bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.34).

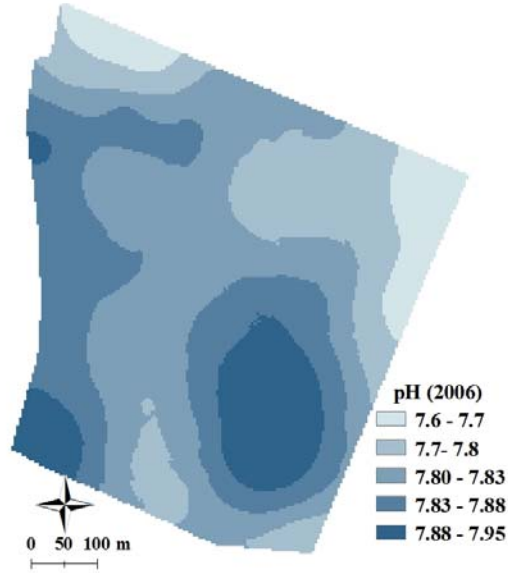
Çizelge 4.34 Toprakta pH'nın ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006
Ortalama	7,80	7,82
Standart Sapma	0,07	0,03
Değişkenlik Katsayısı, %	0,88	0,44
Varyans	0,005	0,002
En Küçük	7,64	7,73
En Büyük	8,1	7,96
Örnek Sayısı	260	256

Varyogram modeli tahminde düşük değerleri ölçülenden büyük değerde tahmin ederken, yüksek değerleri biraz düşük tahmin etme eğiliminde bulunmuştur.

Tahminlerin standart sapması gerçek değerlerin standart sapmasından küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalarındaki tahminlerin nispeten güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{CD}_R^2 = 0,71$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.34).

Arazide siltin yüksek olduğu orta kısımlarda pH'nın nispeten yüksek, kilin yüksek olduğu bölgelerde ise nispeten düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.37). Bu durumun yorumlanması zor olmakla birlikte, toprak çözeltisindeki  $\text{H}^+$  iyon aktivitesi organik ve inorganik taneciklerin yük durumlarını etkilemektedir. Bu nedenle de tanecik yüklerinin durumlarına göre anyon ya da katyon tutunma türleri ve seviyeleri de değişmektedir.

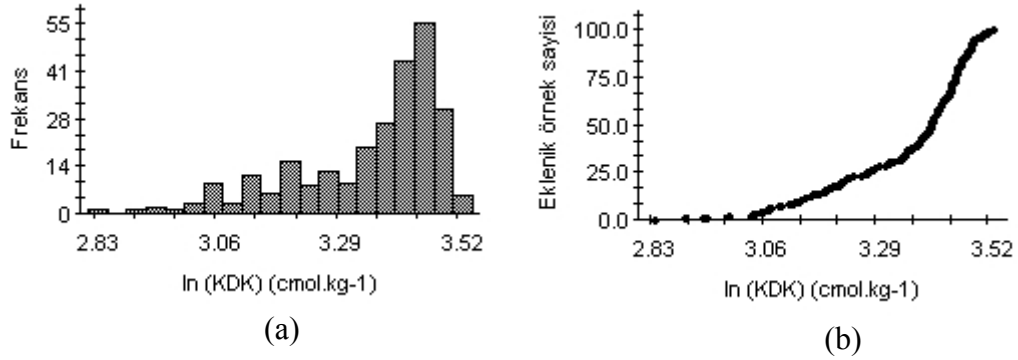


Şekil 4.37 Toprak pH'sının krigleme mekânsal dağılımı (2006)

Arazi boyunca pH'daki mekânsal değişkenlik, arazide tekdüze bir uygulama yapılsa da, bitkinin BBM'sini almasını etkileyerek dolaylı olarak toprak verimlilik parametrelerinin mekânsal değişkenliğini de etkilemektedir (Whelan vd. 1996). Toprağın tamponlama kapasitesi çok sayıda etmenle ilişkili olsa da, pH, kil ve toprak nem içeriği ile denetlenmektedir. Bu nedenle arazide bu üç toprak özelliğinin mekânsal değişkenliğinin de ilişkili olması beklenir (Van Lierlop 1990).

#### 4.1.2.6 Katyon değişimi kapasitesi (KDK)

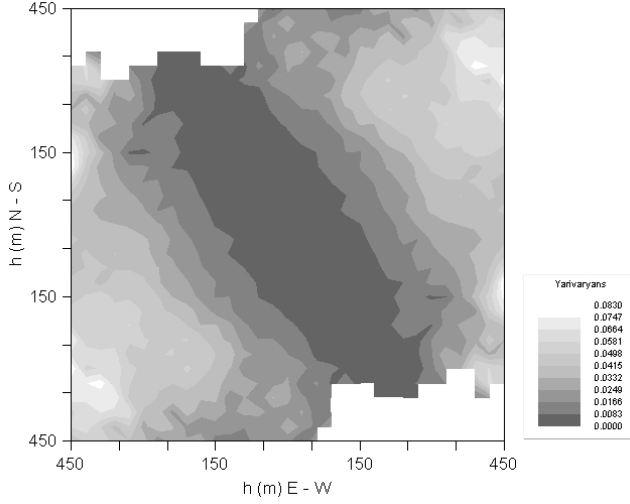
Katyon değişim kapasitesi (KDK), toprakta çok sayıda olayı yönlendiren, önemli bir parametredir. Çalışmada KDK'nın veri setine yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmış ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri gerçek veriler üzerinden yapılmıştır. Toprak KDK'ne ait örneklerin frekans dağılımı (şekil 4.38.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (şekil 4.38.b) bazı sapmalara rağmen normal dağılım sergilemektedir.



şekil 4.38.a. Toprak KDK'nin frekans dağılımı ve b. Eklenik rnek dağılım grafiği (2006)

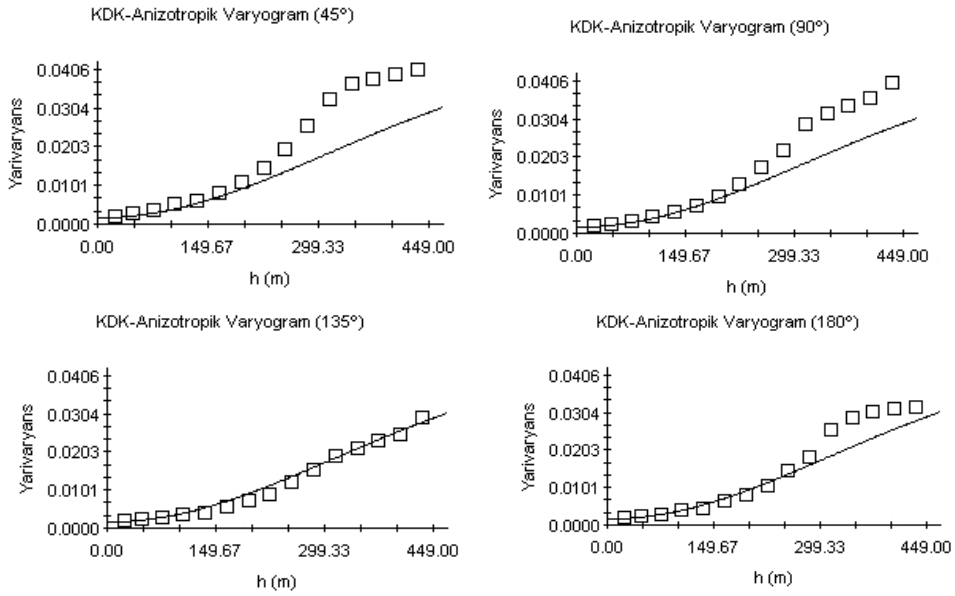
Toprakta KDK'nin mekânsal yapısında anizotropi olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş ve majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,72 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı 45° ötelendiğinde, yani ana eksen 45°'de iken, anizotropik varyogram haritaları (şekil 4.39) incelendiğinde, KDK'nin kil, aK ve tN' ile aynı yönde ve açıda anizotropik bir yapı gösterdiği gözlenmektedir.

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi eksenini üzerinde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum Gauss modeli ile sağlanmıştır.



Şekil 4.39 Toprakta KDK'nin anizotropik varyogram haritası (2006)

Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, Gauss model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır (Şekil 4.40). Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır.



Şekil 4.40 Toprakta KDK'nin anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Toprak KDK'nin veri setinin farklı yönlerdeki (45°, 90°, 135°, 180°) anizotropi varyogramları Şekil 4.40'da görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyumu 90° ve buna dik yöndeki 180°'deki anizotropi yarıvaryogramlarında sağlanmıştır (Şekil 4.40).

Toprakta KDK'nin jeostatistiksel modellenmesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 442 m, minör yapısal uzaklık 320 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.35'de görüldüğü yapısal varyansa oranla düşük bir değerde bulunmuştur ( $C_0=1,62 \times 10^{-3}$ ,  $C_0+C=4,4 \times 10^{-2}$ ). Toprakta KDK % 3,6 ile (Çizelge 4.35) oldukça yüksek bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994). Bu konuda yapılmış benzer bir çalışmada Mausbach vd. (1980), Entisol toprak ordosunda iki farklı arazide KDK için % 18 ve % 51 şeklinde iki farklı alansal bağımlılık seviyesi belirlemişler ve bu değişkenliğin ürün verimi değişkenliği ile yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.35 Toprakta KDK'nin jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006)

TÖ	VMT	KV (C0)	YV (C0+C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	Gauss	1,62x10 <sup>-3</sup>	4,4x10 <sup>-2</sup>	442	320	0,98	1,9x10 <sup>-3</sup>	3,6	Yüksek

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM-R<sup>2</sup>: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

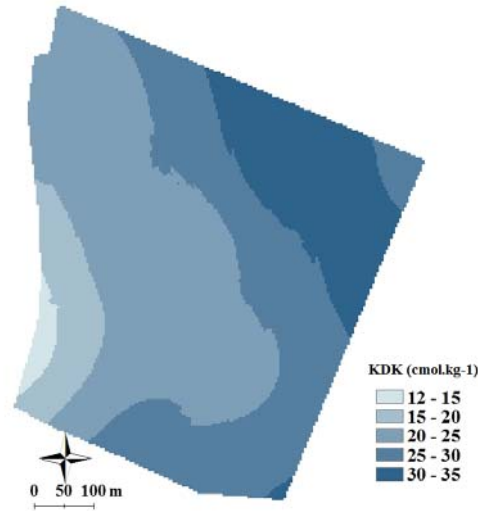
Çapraz doğrulamada varyogram bulutunda örnek çiftlerinde sapmaya neden olan bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (EK 18). Ölçülen ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında, varyogram modelinin ölçülen değerlere yakın tahminde bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.36).

Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir (bkz. Çizelge 4.44  $\text{ÇD}_R^2 = 0,89$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.36).



Çizelge 4.36 Toprakta KDK'nın ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006
Ortalama (cmol kg <sup>-1</sup> )	28,6	28,9
Standart Sapma	3,7	3,3
Değişkenlik Katsayısı, %	12,8	11,7
Varyans	13,3	11,2
En Küçük (cmol kg <sup>-1</sup> )	17,0	17,5
En Büyük (cmol kg <sup>-1</sup> )	33,8	32,4
Örnek Sayısı	260	257



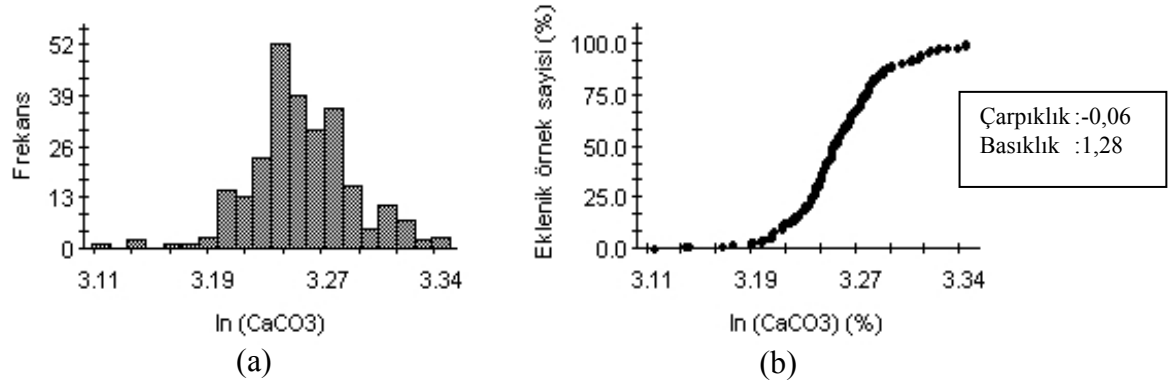
Şekil 4.41 Toprak KDK'nin krigleme mekânsal dağılımı (2006)

Krigleme mekânsal dağılımlarına bakıldığında arazinin kuzeydoğu yönünde KDK'nin değerleri % 30–35 seviyelerinde değişirken batı ve güneybatı bölgelerinde KDK değerinin % 12–20 aralığına düştüğü gözlenmektedir (Şekil 4.41). Benzer şekilde arazide aK, kil OM dağılımları da aynı yönlerde artma ve azalma göstermiştir. Bu durum mekânsal bir ilişkinin varlığını göstermektedir. KDK değerinin oluşmasında en önemli iki etmenin inorganik (killer) ve organik (humus) kolloidler olduğu, killerin aynı zamanda değişim yüzeylerinde önemli oranda adsorbe K<sup>+</sup> tuttuğu gerçekleri göz önüne alındığında, sonuçlar bu ilişkileri doğrulayıcı nitelikte olmuştur. Toprakta KDK'nin mekânsal dağılım yapısını kontrol eden kil ve OM'nin, özgül yüzey alanı kil kolloidlerinde türüne göre değişik oranlarda, ama genellikle yüksek ve OM'de daha da

yüksek seviyelerdedir. Yüksek özgül yüzey alanına bağlı olarak bu iki kolloid grubu, KDK'nin mekânsal dağılımını kontrol etmektedir (bkz. Şekil 4.12, Şekil 4.16, Şekil 4.33).

#### 4.1.2.7 Toprakta serbest karbonatlar (Kireç)

Toprakta serbest karbonatların önemli bölümünü kireç oluşturduğundan, kalsimetrede okunan serbest karbonat değerleri, genellikle toprağın kireç kapsamı olarak kabul edilir. Serbest karbonat veri setine yarıvaryogram model parametrelerinin belirlenmesinde sağladığı avantajlardan dolayı logaritmik dönüşüm uygulanmıştır (Webster 2001, Turgut 2008). Yarıvaryogram modellemesi dönüşüm verileri yardımı ile yapılmıştır; ancak çapraz doğrulama ve krigleme yüzeyleri gerçek veriler üzerinden yapılmıştır. Toprakta serbest karbonatlara ait örneklerin frekans dağılımı (Şekil 4.42.a) ve eklenik örnek dağılım grafiği (Şekil 4.42.b) normal dağılım sergilemektedir.



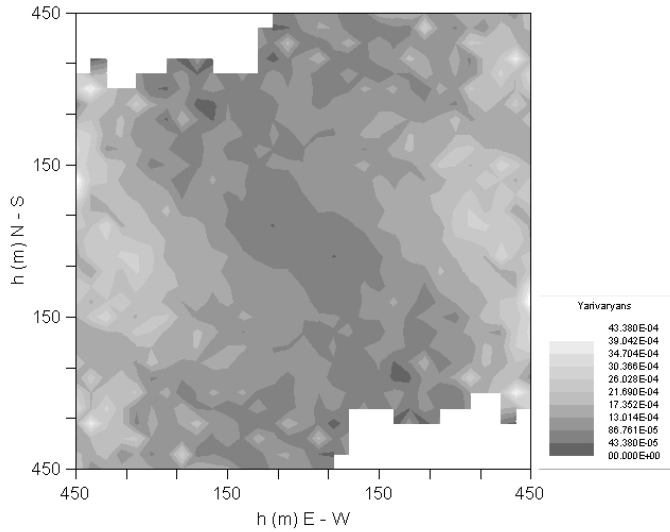
Şekil 4.42.a Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün frekans dağılımı, b. Eklenik örnek dağılım grafiği (2006)

Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün mekânsal yapısında yöne bağlı değişim olup olmadığını incelemek amacıyla azimut açısı farklı yönlerde değiştirilmiş, majör ve minör yapısal uzaklık arasında 0,83 oranında fark gözlenmiştir. Buna göre kuzeyden itibaren azimut açısı  $90^\circ$  ötelendiğinde, yani ana eksen  $90^\circ$ 'de iken, anizotropik varyogram haritası (Şekil 4.43) incelendiğinde, toprak kireç içeriğinin OM ile aynı yönde ve açıda anizotropik bir yapı

gösterdiği gözlenmektedir. Eğri ile nokta çiftleri arasındaki en iyi uyum  $180^\circ$  ve  $225^\circ$ 'deki anizotropik yarıvaryogramlarda gözlenmektedir.

Anizotropik varyogram modellemesinde önce ana anizotropi ekseninde kontrolsüz etki ( $C_0$ ) ve yapısal varyans ( $C_0+C$ ) değerleri değiştirilerek eğri ve örnek çiftleri arasındaki gözlenebilecek en iyi uyum üslü model ile sağlanmıştır.

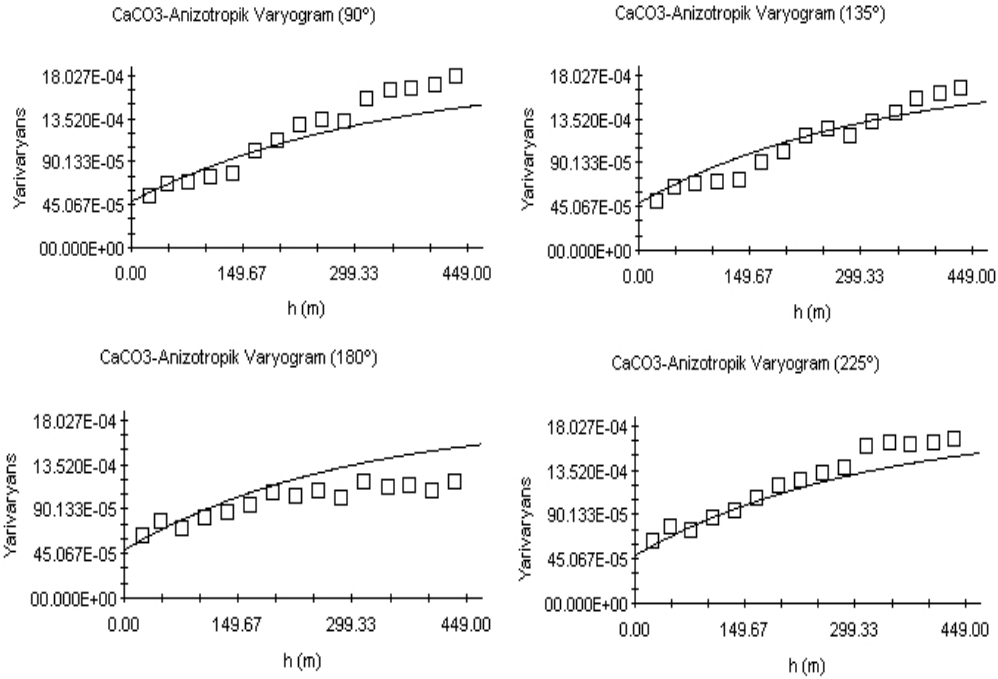
Ana eksen boyunca elde edilmiş olan aynı kontrolsüz etki ve yapısal varyans değerleri ile dik eksen üzerinden minör yapısal uzaklık değeri belirlenmiş, üslü model eğrisi ve örnek çiftleri arasında en iyi uyum sağlanmıştır. Eğrinin uyum çalışması varyogramın yapısal varyansa kadar olan başlangıç bölgesindeki örnek çiftleri ile yapılmıştır. Toprakta  $\text{CaCO}_3$  veri setinin farklı yönlerdeki ( $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ) anizotropi varyogramları Şekil 4.44'de görülmektedir. Örnek çiftleriyle en iyi eğri uyumu  $90^\circ$  ve buna dik yöndeki  $180^\circ$ 'deki anizotropi yarıvaryogramlarında sağlanmıştır.



Şekil 4.43 Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün anizotropik varyogram haritası (2006)

Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün jeostatistiksel modellemesi 2006 yılı I. örnekleme döneminde yapılmıştır. Model sonuçlarına göre majör yapısal uzaklık 331 m, minör yapısal uzaklık 276 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Kontrolsüz etki varyansı çizelge 4.37'de görüldüğü gibi yapısal varyansa oranla düşük bir değerde olup  $C_0=4,86 \times 10^{-4}$  iken,

$C_0+C=1,82 \times 10^{-3}$  değerindedir. Toprakta  $\text{CaCO}_3$  % 25 ile (Çizelge 4.37) yüksek bir alansal bağımlılık yapısı göstermektedir (Camberdella vd. 1994).



Şekil 4.44 Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün anizotropik yarıvaryogram modelleri (2006)

Çizelge 4.37 Toprakta  $\text{CaCO}_3$ 'ün jeostatistiksel modelleme sonuçları (2006)

TÖ	VMT	KV (C0)	YV (C0+C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS
$\text{CaCO}_3$ (%)	Üslü	$4,86 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-3}$	331	276	0,94	$1,28 \times 10^{-6}$	25	Yüksek

TÖ: Toprak özelliği, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans,

MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM\_R2: Varyogram modeli regresyon katsayısı,

HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı

Turgut (2008), üst ve sıkışmış katmanda olmak üzere iki farklı katmanda yapmış olduğu çalışmada  $\text{CaCO}_3$  için üst katmanda en iyi uyumu küresel model, sıkışmış katmanda ise üslü model ile sağlamıştır. Üst katmanda yapısal uzaklık 905 m, sıkışmış katmanda 514 m bulunmuştur. Alansal bağımlılık ise üst katmanda % 27 ve sıkışmış katmanda % 42 ile orta düzeyde bulunmuştur (Turgut 2008).

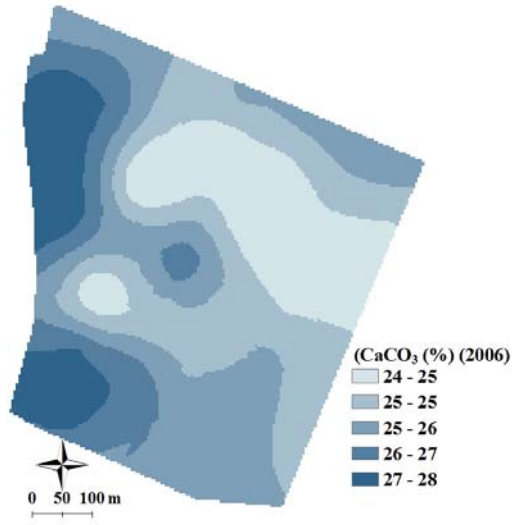
Diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında daha yüksek bir ilişki bulabilmek için varyogram bulutundaki örnek çiftlerinde sapmaya neden olan bazı örnek noktaları modellemede kullanılmamıştır (Çizelge 4.38). Ölçülen

ve tahmin edilen değerlerin ortalamalarına bakıldığında varyogram modelinin ölçülen değerlerden biraz büyük tahminde bulunduğu görülmektedir. Tahminlerin standart sapma ve varyans değerleri ölçülen gerçek değerlerin standart sapma ve varyansından daha küçük çıkmıştır. Bu sonuç bu toprak özelliği için, ölçülmeyen noktalardaki tahminlerin güvenilir (bkz. Tablo 4.43  $CD_{R^2} = 0,93$ ) olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38 Toprakta CaCO<sub>3</sub>'ın ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

	Ölçülen 2006	Tahmin edilen 2006
<b>Ortalama (%)</b>	25,8	26,2
<b>Standart Sapma</b>	0,9	0,6
<b>Değişkenlik Katsayısı, %</b>	3,5	2,3
<b>Varyans</b>	0,8	0,3
<b>En Küçük (%)</b>	22,5	24,9
<b>En Büyük (%)</b>	28,3	27,5
<b>Örnek Sayısı</b>	260	258

Arazide kireç miktarı kumlu ve nispeten silt içeriğinin yüksek olduğu alanlarda biraz yüksek değerlerde iken, kil içeriğinin yüksek olduğu bazı bölgelerde nispeten düşük çıkmıştır. Kireç miktarının kumlu bölgelerde biraz yüksek çıkmasının bir nedeni de bu bölgelerde kalış olarak adlandırılan kireç çakıl taşlarının bulunması ve siltli bölgelere de yer yer karışmasıdır. Kireçli toprakların pH değeri genellikle kireç içermeyen ve az kireç içeren topraklara oranla daha yüksektir.



Şekil 4.45 Toprakta CaCO<sub>3</sub>'in krigleme mekânsal dağılımı (2006)

Arazide pH seviyeleri 7,60-7,95 arasında başka bir deyişle oldukça dar bir aralıkta değişmektedir. Böyle bir durumda da toprağın kireç miktarı fosforlu gübrenin etkinliğini önemli oranda değiştirebilmektedir (Usta 1995). Nitekim arazide kireç miktarının nispeten yüksek olduğu batı ve kuzeybatı bölgelerinde aP seviyelerinin düşük olduğu, kireç seviyesinin nispeten düşük olduğu kuzeydoğu bölgesinde ise aP seviyelerinin yüksek değerlerde (Şekil 4.45) olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 4.8).

Yüksek özgül yüzey alanına sahip olan OM ve kil kolloidleri, arazide KDK'nin ve dolayısı ile de aK'un mekânsal dağılımını kontrol etmektedir. Arazide tN, OM, aK, KDK ve kil dağılımları aynı yönde artma ve azalma göstermiştir. Ancak bu toprak özellikleri ile kum arasında zıt yönde mekânsal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (bkz. Şekil 4.12, Şekil 4.16, Şekil 4.33 ve Şekil 4.41). Toprak verimliliğinde etkili bir rol oynayan toprak fiziksel özelliklerinden kil gibi, kumun mekânsal dağılımının da OM, KDK ve aK dağılımlarını kontrol ettiği düşünülmektedir. Özgül yüzey alanı kil ve OM kolloidlerine göre çok düşük olan kumun yüzeysel tutma ve salma özelliği de aynı oranda çok düşük, buna bağlı olarak KDK seviyeleri de aynı oranda düşük olmaktadır. Bu nedenle de yıkanma olabilmektedir. Kum, önemli bir değişim katyonu olan K<sup>+</sup> un arazideki mekânsal davranışını kontrol eden, genellikle toprakta kimyasal ve biyolojik verimlilik göstergelerini sınırlandırıcı etki yapan bir toprak özelliğidir. Kum ve aK arasındaki zıt yöndeki mekânsal yapı ilişkisi bu yaklaşımı doğrulamaktadır.

## 4.2 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal (Spatio-Temporal) Değişimleri

### 4.2.1 Tanımlayıcı İstatistikler

İncelenen göstergelere ilişkin değerlerin arazideki dağılımları, tanımlayıcı istatistik verileriyle birlikte değerlendirildiğinde, zamana ve mekâna bağlı değişimler belirgin biçimde izlenebilmektedir. Çizelge 4.39’de 2006 ve 2007 yıllarının 7 dönem toprak örnekleme sonuçlarının toplu tanımlayıcı istatistikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Her iki yılın ortalama değerleri dikkate alındığında, toprakta aP değerlerinin I. ve IV. dönemlerde düşük iken, II. ve III. dönemlerde yüksek olduğu gözlenmektedir. Mısır tarımı yapılan arazide bu durumun, II. ve III. dönemlerde arazideki gübreleme, sulama uygulamaları ve iklim koşullarının etkisi ile gerçekleşebileceği düşünülmektedir.

Benzer şekilde, toprak özelliklerinin DK’larında meydana gelen artma ve azalmaların da arazideki gübreleme, sulama uygulamaları ve iklim koşullarının etkisi ile değerlendirilebileceği düşünülmektedir (Çizelge 4.39).

Varyans değerleri 2006 yılının II. dönem örneklemeğinde tN, aP ve EC’de artma göstermiştir. Bununla beraber 2007 yılının III. dönem örneklemeğinde aP ve EC’nin varyansının ise en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.39 2006 ve 2007 yıllarında yapılan I., II., III. ve IV. örnekleme dönemlerinin karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri

Tİ	ÖD	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	EC dS m <sup>-1</sup>
<b>ORTALAMA</b>	<b>I-2006</b>	945	6,24	382	1,39	0,419
	<b>I-2007</b>	921	5,54	357	1,32	0,549
	<b>II-2006</b>	934	13,18	351	1,60	0,821
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	1.061	13,94	354	1,52	1,64
	<b>III-2007</b>	991	14,34	367	1,48	2,016
	<b>IV-2006</b>	925	5,70	343,3	1,41	0,501
	<b>IV-2007</b>	952	6,72	362,6	1,43	0,518
<b>ORTANCA</b>	<b>I-2006</b>	950	5,24	374	1,44	0,402
	<b>I-2007</b>	935	4,79	344	1,36	0,513
	<b>II-2006</b>	920	11,77	350	1,60	0,542
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	1.075	11,36	368	1,50	1,325
	<b>III-2007</b>	970	11,97	361	1,46	1,289
	<b>IV-2006</b>	925	4,75	345	1,44	0,481
	<b>IV-2007</b>	925	5,62	317	1,47	0,511
<b>StdS</b>	<b>I-2006</b>	197,6	3,61	151,4	0,38	0,070
	<b>I-2007</b>	165	2,73	125,5	0,33	0,142
	<b>II-2006</b>	313,0	7,8	125,0	0,4	0,6
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	145	8,02	103,4	0,23	1,069
	<b>III-2007</b>	196	8,97	109,5	0,19	1,763
	<b>IV-2006</b>	146	2,54	96,5	0,21	0,095
	<b>IV-2007</b>	213	4,06	186,62	0,43	0,097
<b>DK</b>	<b>I-2006</b>	20,9	57,8	39,6	27,1	16,1
	<b>I-2007</b>	17,9	49,3	35,1	24,6	25,8
	<b>II-2006</b>	33,5	59,4	35,5	24,6	77,9
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	13,7	57,5	29,1	15,2	65,2
	<b>III-2007</b>	19,7	62,5	29,8	12,8	87,5
	<b>IV-2006</b>	15,8	44,6	28,1	15,2	18,9
	<b>IV-2007</b>	22,3	60,5	51,5	30,3	18,7
<b>BASIKLIK</b>	<b>I-2006</b>	-0,6	-0,5	-0,8	0,4	3,1
	<b>I-2007</b>	1,3	5,8	-0,7	-0,2	0,3
	<b>II-2006</b>	5,9	1,1	-0,6	4,5	1,7
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	-0,2	1,3	-0,2	-0,2	8,2
	<b>III-2007</b>	-0,8	-0,1	-1,0	-0,7	0,8
	<b>IV-2006</b>	0,2	0,6	-0,9	-0,6	3,3
	<b>IV-2007</b>	1,5	0,3	1,8	-0,6	4,1
<b>ÇARPIKLIK</b>	<b>I-2006</b>	-0,1	0,8	-0,1	-0,8	1,5
	<b>I-2007</b>	-0,6	2,0	0,1	-0,3	0,9
	<b>II-2006</b>	1,6	1,2	-0,1	-1,3	1,7
	<b>II-2007</b>	-	-	-	-	-
	<b>III-2006</b>	-0,5	1,5	0,5	0,2	2,3
	<b>III-2007</b>	-0,2	0,7	0,2	0,02	1,2
	<b>IV-2006</b>	-0,2	1,0	-0,04	-0,2	1,6
	<b>IV-2007</b>	0,5	1,0	3,5	0,04	1,5



Çizelge 4.39 2006 ve 2007 yıllarında yapılan I., II., III. ve IV. örnekleme dönemlerinin karşılaştırmalı tanımlayıcı istatistikleri (devamı)

Tİ	ÖD	tN mgkg <sup>-1</sup>	aP mgkg <sup>-1</sup>	aK mgkg <sup>-1</sup>	OM %	EC dSm <sup>-1</sup>
VARYANS	I-2006	39.030	13,0	22.926	0,1	0,005
	I-2007	27.187	7,5	15.738	0,1	0,020
	II-2006	97.968	61,2	15.620	0,2	0,4
	II-2007	-	-	-	-	-
	III-2006	21.140	64	10.689	0,053	1,1
	III-2007	38.280	80	11.999	0,036	3,1
	IV-2006	21.323	6,4	9.322	0,046	0,009
	IV-2007	45.214	16,5	34.828	0,19	0,009
EN YÜKSEK	I-2006	1380	14,0	666	2,1	0,7
	I-2007	1.320	16,6	623	2,0	0,911
	II-2006	2.110	33,5	608	2,58	6.100
	II-2007	-	-	-	-	-
	III-2006	1.320	36,2	623	2,01	6.100
	III-2007	1.360	38,2	593	1,90	7.350
	IV-2006	1.220	12,7	510	1,88	0,844
	IV-2007	1.620	18,1	1.351	2,28	0,895
	IV-2008	1.430	16,7	795	2,1	0,987
EN DÜŞÜK	I-2006	500,0	1,7	99	0,5	0,3
	I-2007	450,0	1,9	127	0,6	0,325
	II-2006	210	3,25	99	0,29	0,323
	II-2007	-	-	-	-	-
	III-2006	720	5,55	209	1,00	0,571
	III-2007	560	3,86	158	1,09	0,236
	IV-2006	570	1,92	129	1,01	0,395
	IV-2007	460	1,48	113	0,56	0,367

Tİ: tanımlayıcı istatistik, ÖD: örnekleme dönemi, DK: değişkenlik katsayısı, StdS: standart sapma,

#### 4.2.2 Toprak özelliklerinin farklı örnekleme dönemlerindeki jeostatistiksel modellemesi

Toprak verimlilik parametrelerinin mekânsal bağımlılık yapıları ve bu yapının zaman içindeki değişimleri hakkında bilgi sağlayan jeostatistiksel model sonuçları ile elde edilen uygulama haritaları, arazinin korunması, işletilmesi ve toprak özelliklerinin geliştirilmesi konularındaki çok sayıda diğer yararının yanı sıra, alana özgü değişken oranlı gübre uygulaması planlamasında, bitkinin ihtiyacı kadar gübrenin optimum olarak araziye verilebilmesinde önemli altlıklar oluşturmaktadır (Lopez-Granados vd. 2002).

Mekânsal-zamansal değişimler, doğal toprak özelliklerine bağlı olduğu gibi, toprak yönetimi uygulamalarına da bağlıdır. Sulama ve kimyasal ya da organik gübrelemeler,

etki eden anahtar faktörlerdendir (Jiang vd. 2006). Bununla beraber, toprağın mikrobiyal hareketleri BBM'lerinin zaman içindeki değişimlerinde önemli bir role sahiptir. Ancak yine de bu değişkenliklerin kaynağının ne olduğunu tam olarak belirlemek zordur (Hoskinson vd. 1999).

Araştırmanın bu bölümünde, farklı dönemlerde yapılmış olan örnekleme sonuçlarına bağlı olarak bazı toprak özelliklerinin (tN, aP, aK, OM, EC) mekânsal dağılım yapılarında zaman içinde oluşan değişimler incelenmiştir.

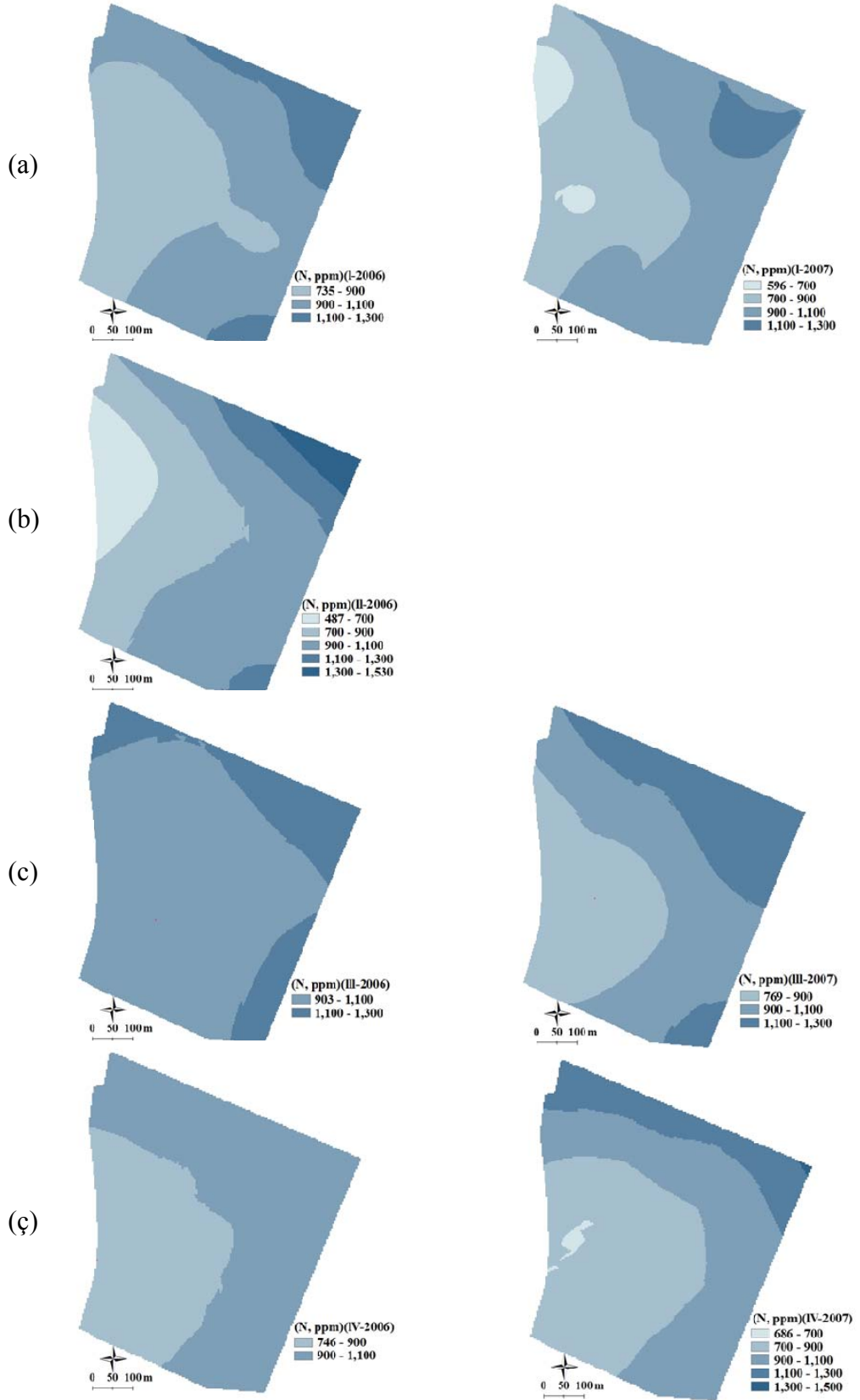
Arazide 7 farklı zamanda yapılmış olan örneklemede dinamik toprak özelliklerinin zamansal değişimi coğrafi bilgi sistemlerinde mekânsal analizlerle değerlendirilmiştir. Bölüm 4.1.2'de toprak özelliklerinin mekânsal dağılım yapılarını ortaya koymak için, yapılan jeostatistiksel modelleme sonucunda elde edilen varyogram parametrelerinden kontrolsüz etki varyansı yapısal varyans değerleri kullanılarak ArcGIS ortamında tN, aP, aK, OM ve EC'nin örneklenen tüm dönemlerdeki krigleme yüzeyleri elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında her yıl için hasat sonu-ekim öncesi ve yıllar arasında da bir önceki yılın hasat sonu-bir sonraki yılın ekim öncesi dönemleri arasında raster oranlama yapılarak arazide toprak özelliklerindeki (tN, aP, aK, OM, EC) artma ve azalma bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmadaki ana hedef mekânsal değişkenliğin nedenlerini açıklamak değil, değişim bölgelerini ve değişim yönlerini ortaya koymak olmuştur. Çalışmada elde edilen bulguların ışığında mekânsal değişim nedenlerini açıklamak için bitki-toprak ilişkilerinin de ele alındığı daha kapsamlı bir çalışma yürütülmesi önerilebilir. Ancak bu çalışma kapsamında bazı toprak özelliklerinin mekânsal yapısının zamansal değişimlere rağmen korunduğu belirlenmiştir. Bu bulgu ile gelecekte arazide yapılması olası çalışmalar için, özellikle de değişken oranlı uygulamalar kapsamında belirlenen işletim zonlarının oluşturulması daha düşük örnek sayısı ile sağlanabilecektir.

#### 4.2.2.1 Toprakta toplam azot (tN)

Bölüm 4.1.2’de tN’un mekânsal yapısını belirlemek amacı ile varyogram modellemesi yapılmış ve anizotropi gözlenmiştir. Örnek çiftleri ile en iyi uyumu veren Gauss varyogram modelleri belirlenmiştir. Elde edilen kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ), yapısal varyans ( $C_0+C$ ) varyogram parametreleri ve Gauss model tipi diğer dönemlerde yapılmış olan örnekleme döneminde krigleme yüzeylerini oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 4.46.a.b.c.ç’de bahsi geçen yedi örnekleme dönemindeki tN’un mekânsal dağılımları görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi, dinamik sürekli değişen uygulamaların yürütüldüğü bir tarım arazisi olmasına karşın, çalışılan arazide tN için artma ve azalma yönü değişmemiştir.

Azotun topraktaki mobilitesi yüksektir ve ortam koşullarının etkisi ile nitrifikasyon-denitrifikasyon süreçleri ile form değiştirir. Nitrat formu halinde topraktan yıkanma yolu ile yeraltı ya da yüzey sularına doğru uzaklaşırken, amonyak formu ile atmosfere kaçabilir (Güneş vd. 2004). Sürekli değişen ortam koşulları ve N mobilitesi, mekânsal-zamansal değişkenlikte değişim etkilerinin değerlendirilmesini son derece zorlaştırmaktadır. Araştırma kapsamında tN içeriğinin mekân içindeki zamansal değişimleri izlenmiş ve jeostatistiksel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Nitekim tN için arazide dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber anizotropi yapısı ve yönünün korunduğu görülmüştür (Şekil 4.46.a.b.c.ç). Ancak yapılan uygulamalar ve dönemin koşullarına bağlı olarak tN içeriğinde değişimler gözlenmiştir. Ancak bu değişimlerin nedenlerinin mobil bir özelliğe sahip olan azot için belirlenmesi oldukça güçtür. Topraktaki azotun temel kaynağı atmosfer ve organik maddedir; yani toprakta kalan bitkisel ve hayvansal artıklardır. Bitkiler azotu genellikle amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) halinde olmak üzere iki şekilde, suda çözülmüş iyonlar olarak alırlar. Bitkilerin kullanabileceği bu azot formları topraktaki toplam azotun % 2’si kadardır.



Şekil 4.46 Toprakta tN içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları

a. I. örnekleme dönemi, b. II. örnekleme dönemi, c. III. örnekleme dönemi , ç. IV. Örnekleme dönemi

Amonyum halinde olanlar nitrat azotuna kıyasla toprakta daha iyi tutunurlar ve yağışlarla toprak derinliklerine yıkanmaları daha az olur. Amonyak azotu toprakta daha iyi tutunmasına karşılık, toprak yüzeyinde bırakıldığında özellikle kireçli topraklarda ve sıcak havada gaz haline geçerek topraktan uzaklaşır (Güneş vd. 2004). Araştırma alanının tarım arazisi olmasından dolayı azotun mobilizasyonu yapılan uygulamalarla da (sulama, gübreleme, toprak işleme vb.) artmaktadır. Sulama dönemlerinde kumlu alanlarda  $\text{NO}_3^-$  yıkanmasıyla oluşan kayıplar, azotun amonyağa dönüşümü ile atmosfere olan kayıplar, bitki sömürmesi gibi etkiler arazideki hareketlerden bazılarıdır. Bu nedenle bu değişimler, örnekleme dönemlerindeki iklim özelliklerindeki farklılıklar, tarımsal uygulamaların miktarları ve dönemlerindeki farklılıklar, araziye ekilen ürünlerdeki farklılıklar ve azot döngüsü ile açıklanmalıdır ki bu da oldukça zordur. Bu zorluklara rağmen yapılmış bazı çalışmalar da mevcuttur. Zak vd. (1989) azot dönüşümlerinin mekânsal-zamansal değişkenliğini belirleyebilmek amacıyla üç farklı ekosistemde azot mineralizasyon ve nitrifikasyonu üzerinde çalışmıştır. Bir yıl boyunca farklı noktalardan her ay yapılan örnekleme sonuçlarına göre, ekosistemlerdeki azot mineralizasyonu ve nitrifikasyonu farklılıklar göstermiştir. Birinci alanda azot mineralizasyonu  $313\text{-}426 \mu\text{g}^{-1} \text{N yıl}^{-1}$  arasında değişirken, ikinci alanda  $125\text{-}346 \mu\text{g}^{-1} \text{N yıl}^{-1}$  arasında değişmiştir.

Mamo vd. (2003) alana özgü tarla işletmesi yapabilmek için arazideki mekânsal değişkenliği mısır ekimi yapılan bir arazide mısır verimi ile ilişkilendirmek ve zaman içindeki değişimleri görmek için yaptıkları çalışmada, tarlada tekdüze uygulama oranı  $145 \text{ kg N ha}^{-1}$  iken, alana özgü gübre uygulaması ile  $75 \text{ kg N ha}^{-1}$ 'lık bir oranla aynı verimi aldıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca uzun yıllar gözlemleri ile mısır verimi, alansal değişkenlik ve uygulanan dozlar arasında zamansal stabilite fonksiyonu yakalamaya çalışmışlar ancak böyle bir zamansal stabilite belirleyemediklerini belirtmişlerdir (Mamo vd. 2003).

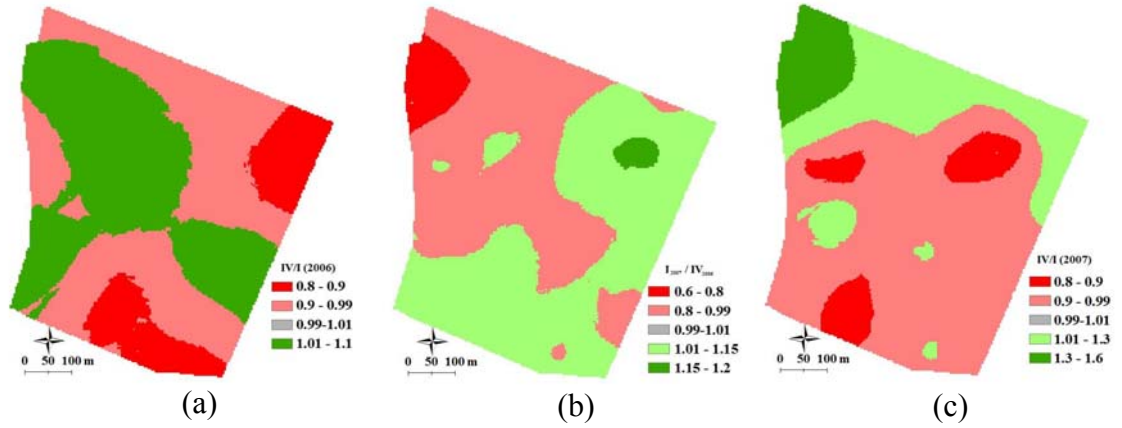
Bu çalışma kapsamında her yılın hasat sonu (IV) - ekim öncesi (I) ve yıllar arasında da bir önceki yılın hasat sonu (IV) bir sonraki yılın ekim öncesi (I) dönemleri arasında raster oranlama yapılarak arazide tN'daki artma ve azalma bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre dönemler arasındaki oran (zD)'nin 1 e eşit olduğu değişmeyen

alanlar, zD'nin 1'den küçük olduğu azalma alanları, zD'nin 1'den büyük olduğu artma alanlarının zamana bağlı değişimi belirlenmiştir.

Şekil 4.47.a ilk yılın hasat sonu ve ekim öncesi dönemleri arasındaki raster oranlama sonucunu vermektedir. Buna göre arazide kilin yüksek olduğu kuzey doğu bölgesinde ilk yıla göre % 20'lere varan bazı azalmalar olduğu görülmektedir. Bu değişimlerin nedenlerinin açıklanabilmesi için toprak-bitki ilişkilerinin de dikkate alınacağı bir çalışma yapılmalıdır. Çünkü bu çalışmada topraktaki azotun ne kadarının zamana ve mekâna bağlı olarak bitkiler tarafından kullanıldığı, ne kadarının ise yıkanma, buharlaşma, fiksasyon gibi olaylarla ortamdan uzaklaştığı belirlenememiştir.

İkinci yılın ekim öncesi dönemi (I) ve birinci yılın hasat sonrası (IV) dönemleri arasındaki raster oranı veren Şekil 4.47.b incelendiğinde arazide kil içeriğinin yüksek olduğu kuzeydoğu bölgeleri ve silt içeriğinin nispeten yüksek olduğu güneydoğu bölgelerinde % 15-20'lere varan oranlarda artma olduğu gözlenmiştir. Kum içeriğinin yüksek olduğu kuzeybatı bölgesinde ise % 40 oranına varan bir azalma gözlenmiştir. Aslında tarımsal uygulamaların yapılmadığı bu süreçte tN içeriğinde artma ve azalma bölgelerinin görülmesi arazide azotun dinamik yapısının önemli bir göstergesi olmuştur. Azotlu gübrelemenin söz konusu olmadığı koşullarda, organik maddesi az olan toprak genellikle azot bakımından fakir topraktır. Toprak organik maddesinin çürüyüp parçalanması sonucunda açığa çıkan azot, bitkiler tarafından kullanılır (Güneş vd. 2004).

İkinci yılın hasat sonu ve ekim öncesi dönemleri arasındaki raster oranlama sonucuna göre (Şekil 4.47.c), arazinin kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde artma gözlenirken, güney bölgelerinde azalmalar gözlenmiştir.



Şekil 4.47 Toprakta tN içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları

(Kırmızı ve tonları: azalma bölgeleri, gri: değişim olmayan bölgeler, yeşil ve tonları: artma bölgeleri)  
a. IV/I (2006), b.  $I_{2007}/I_{2006}$ , c. IV/I (2007)

#### 4.2.2.2 Toprakta alınabilir fosfor (aP)

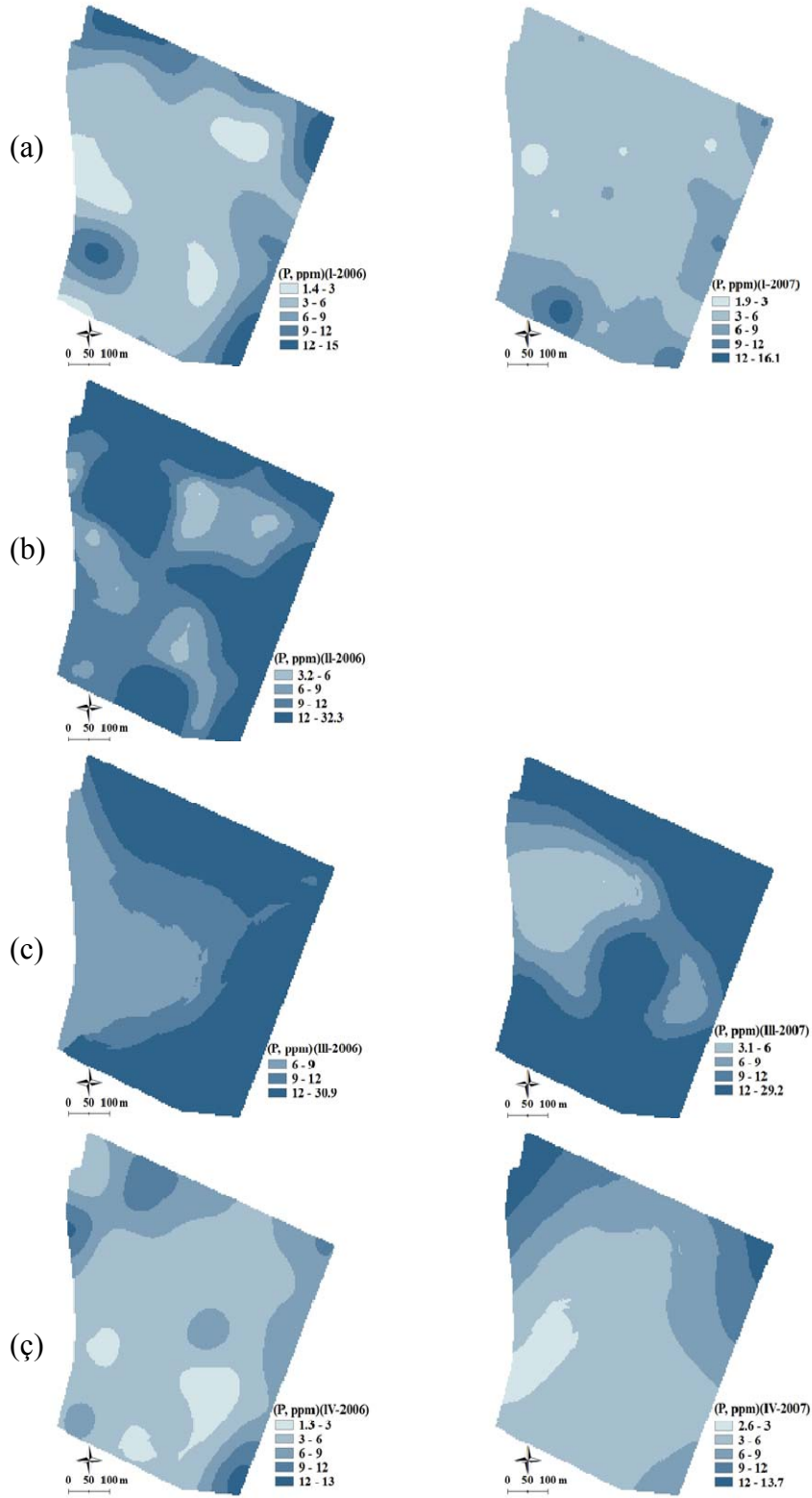
Bölüm 4.1.2’de aP’un mekânsal yapısını belirlemek amacı ile varyogram modellemesi yapılmış ve izotrop bir yapı gözlenmiştir. Örnek çiftleri ile en iyi uyumu veren küresel varyogram modeli belirlenmiştir. Elde edilen kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ), yapısal varyans ( $C_0+C$ ) varyogram parametreleri ve küresel model tipi diğer dönemlerde yapılmış olan örneklemelerde krigleme yüzeylerini oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 4.48a, b, c, ç’de bahsi geçen yedi örneklem döneminde aP’un mekânsal dağılımları görülmektedir.

Şekillerden (Şekil 4.48.a.b.c.ç) görüldüğü gibi dinamik sürekli değişen uygulamaların yürütüldüğü bir tarım arazisi olmasına karşın çalışılan arazide, aP’un mekânsal artma ve azalma yönü değişmemiştir. Bitki için en önemli besin maddelerinden biri olan fosforun topraktaki toplam miktarı genellikle % 0,02 ile 0,14 arasında değişmekte olup, azot ve potasyum gibi diğer bitki besin maddelerine göre azdır. Derinliği 20 cm olan bir dönüm sahada 50–350 kg kadar toplam fosfor (P) bulunur. Bitkilerin yararlanabildiği fosfor miktarı ise çok daha az olup, bu değerlerin yaklaşık olarak % 1-2’si kadardır (Güneş vd. 2004).

Bu çalışmada aP'un mekânsal-zamansal değişim bölgeleri ve değişim yönleri ortaya konmuş, mekânsal dağılım yapısının korunup korunmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Nitekim aP için arazide dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber, mekânsal dağılım yapısının az da olsa korunduğu görülmüştür (Şekil 4.48a, b, c, ç). Ancak yapılan uygulamalar ve dönemin koşullarına bağlı olarak örnekleme dönemlerindeki aP içeriğinde değişimler gözlenmiştir. Üzerinde çalışılan arazinin bir tarım arazisi olmasından dolayı fosforlu gübre uygulaması nedeniyle aP'da artma ve azalma bölgeleri olabileceği gibi kil, kireç gibi, toprak özellikleri ile teması sonucu fiksasyonun da azalmalarda etkili olabileceği düşünülmelidir. Fakat Bölüm 4.3'de toprak özelliklerinin mekânsal ilişkilerine yönelik yapılmış olan çalışmalarda aP ile kil, kireç arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır. Ancak mekânsal değişimlerin nedenleri hakkında kesin bir açıklama yapabilmek için, toprak-bitki ilişkilerinin de dikkate alınacağı bir çalışma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Štípek vd. (2004) aP için iki dönem bahar, iki dönem sonbaharda olmak üzere toplam 12 örnekleme döneminde yapmış oldukları jeostatistiksel modellemeler sonucunda, alana özgü değişken gübre uygulaması yapılmasına rağmen, arazide aP'un mekânsal dağılım yapısında önemli bir değişim olmadığını gözlediğini belirtmiştir. Buna karşın bir başka çalışmada Trangmar vd. (1985), 120 m<sup>2</sup>'lik parselden oluşan bir alanda 1,5 m grid örnekleme sonucu, 0 kg P ha<sup>-1</sup> ve 45 kg P ha<sup>-1</sup> uygulama alanlarında, gübre uygulaması artışına karşılık mekânsal bağımlılıkta 5,6 m'den 5 m'ye doğru bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Jiang vd. (2006) Shenyang'da 120 ha bir tarım arazisinde 1980 ve 2000 yıllarında 0–20 cm'den yapılan iki örnekleme dönemi sonuçlarına göre aP'un zamansal ve mekânsal değişimlerini ve alansal bağımlılık seviyelerini karşılaştırmıştır. Araştırmacılar, mekânsal-zamansal değişimlerin toprak içindeki etmenlere bağlı olduğu gibi, toprak işleme uygulamalarına da bağlı olduğunu belirtmiştir. Kimyasal ve organik gübreleme, aP değişkenliğine etki eden anahtar faktörlerden biridir. Araştırmacılar değişken oranlı fosforlu gübre uygulamalarının aP içeriğinin mekânsal homojenliğini artırdığını da belirlemiştir (Jiang vd. 2006).

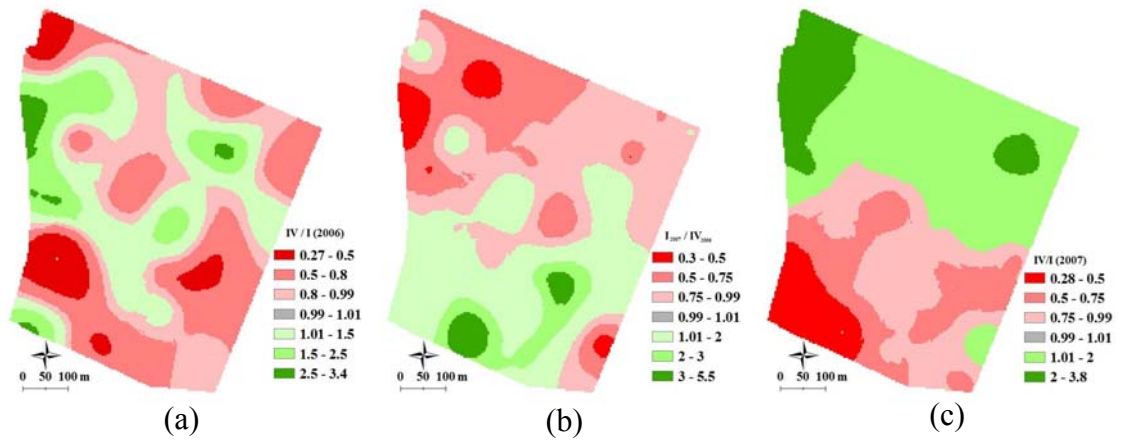




Şekil 4.48 Toprakta aP içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları

a. I. örnekleme dönemi, b. II. örnekleme dönemi, c. III. örnekleme dönemi, ç. IV. Örnekleme dönemi

Şekil 4.49.a ilk yılın hasat sonu (IV) ve ekim öncesi (I) dönemleri arasındaki raster oranlama sonucunu vermektedir. Buna göre arazide kilin yüksek, pH'nın nispeten düşük olduğu kuzeydoğu bölgesinde küçük bir alanda aP'da 2.5-3 kat bir artma gözlenirken, silt içeriği ve pH'nın yüksel olduğu arazinin güneyinde bazı bölgelerde % 80'lere varan oranlarda azalma olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde arazinin orta kuzeybatısında kireç içeriğinin düşük olduğu bazı bölgelerde aP'un yüksek seviyelerde ( $6-15 \text{ mg kg}^{-1}$ ) olduğu gözlenmiştir. Toprakların büyük çoğunluğunda fosfor hareketsiz bir besin maddesidir. Ancak, fosfor ortam koşullarına göre toprakta bulunan kalsiyum, kil, demir ve alüminyum hidroksitler ile reaksiyona girerek bitkilere yararlı veya daha az yararlı formlara dönüşür (Güneş vd. 2004). Arazideki bazı bölgelerde, yukarıda açıklanmış olan aP'un, kireç ve pH ile olan ilişkisi bu yorumlarla açıklanabilir. Nitratların, toprak çözeltisi ile birlikte hareketliliğine karşılık fosfatlar hareketsizdirler veya pek az hareket ederler. Bu özellikleri nedeniyle fosforlu gübreler, tohum derinliğine veya bitki kök bölgesine gömülerek ve topraktaki kireç, kil, demir ve alüminyum hidroksitlerle temas yüzeyini azaltarak, fiksasyonu bir ölçüde önlemek üzere bant halinde verilmektedir (Güneş vd. 2004).



Şekil 4.49 Toprakta aP içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları

(Kırmızı ve tonları: azalma bölgeleri, gri: değişim olmayan bölgeler, yeşil ve tonları: artma bölgeleri)  
a. IV/I (2006), b.  $I_{2007}/IV_{2006}$ , c. IV/I (2007)

İkinci yılın ekim öncesi dönemi (I) ve birinci yılın hasat sonrası (IV) dönemleri arasındaki raster oranı veren Şekil 4.49.b incelendiğinde, arazide kil içeriğinin yüksek olduğu kuzeydoğu bölgelerinde azalmalar gözlenirken; silt içeriğinin nispeten yüksek

olduğu güneydoğu bölgelerinde genelde % 15–20 dolaylarında, yer yer de bir önceki döneme göre 3–5 kat fazla bir artma olduğu gözlenmiştir. Tarımsal uygulamaların yapılmadığı bu süreçte aslında toprak içinde hareketliliği çok sınırlı olan aP'un zaman içinde mekânsal yapısını bozmadan bir değişime uğradığı belirlenmiştir. Fosfor toprakta organik ve inorganik olmak üzere iki şekilde bulunur. Bitkiler toprak çözeltisinde çözülmüş olarak bulunan inorganik ortofosfatlardan yararlanırlar. Topraktaki bitki ve hayvan artıklarının içeriğinde bulunan organik fosfor, toprağın fosfor deposu olarak düşünülebilir. Bu fosfordan bitkilerin yararlanması için toprakta organik maddenin parçalanması, çürümesi ve mineralizasyon süreci gerekmektedir.

İkinci yılın hasat sonu ve ekim öncesi dönemleri arasındaki raster oranlama sonucuna göre (Şekil 4.49.c) arazinin kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde 3 kata varan artma gözlenirken güney bölgelerinde % 72'lere varan oranda azalmalar gözlenmiştir. Nitekim Şekil 4.48.a.b.c.ç'de krigleme yüzeylerindeki özellikle hasat sonu ve ekim öncesi dönemlerde aP seviyeleri 1–16 mgkg<sup>-1</sup> seviyelerinde iken gübreleme sonrası dönemlerde 30 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine kadar yükselmekte ve hasat sonrası bu seviyeler keskin bir şekilde tekrar 1-16 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine düşmektedir. Mısır ekimi yapılan bu arazide bu raster oranında 2006 yılının IV/I oranına göre farklı bir değişim olduğu dikkatleri çekmektedir.

#### **4.2.2.3 Toprakta alınabilir potasyum (aK)**

Araştırma alanında dönemlere göre aK içerikleri 100–650 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Arazinin doğusunda kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda aK içeriği en düşük seviyelerde iken, kil içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde ise aK içeriğinin fazla seviyelerde olduğu gözlenmektedir.

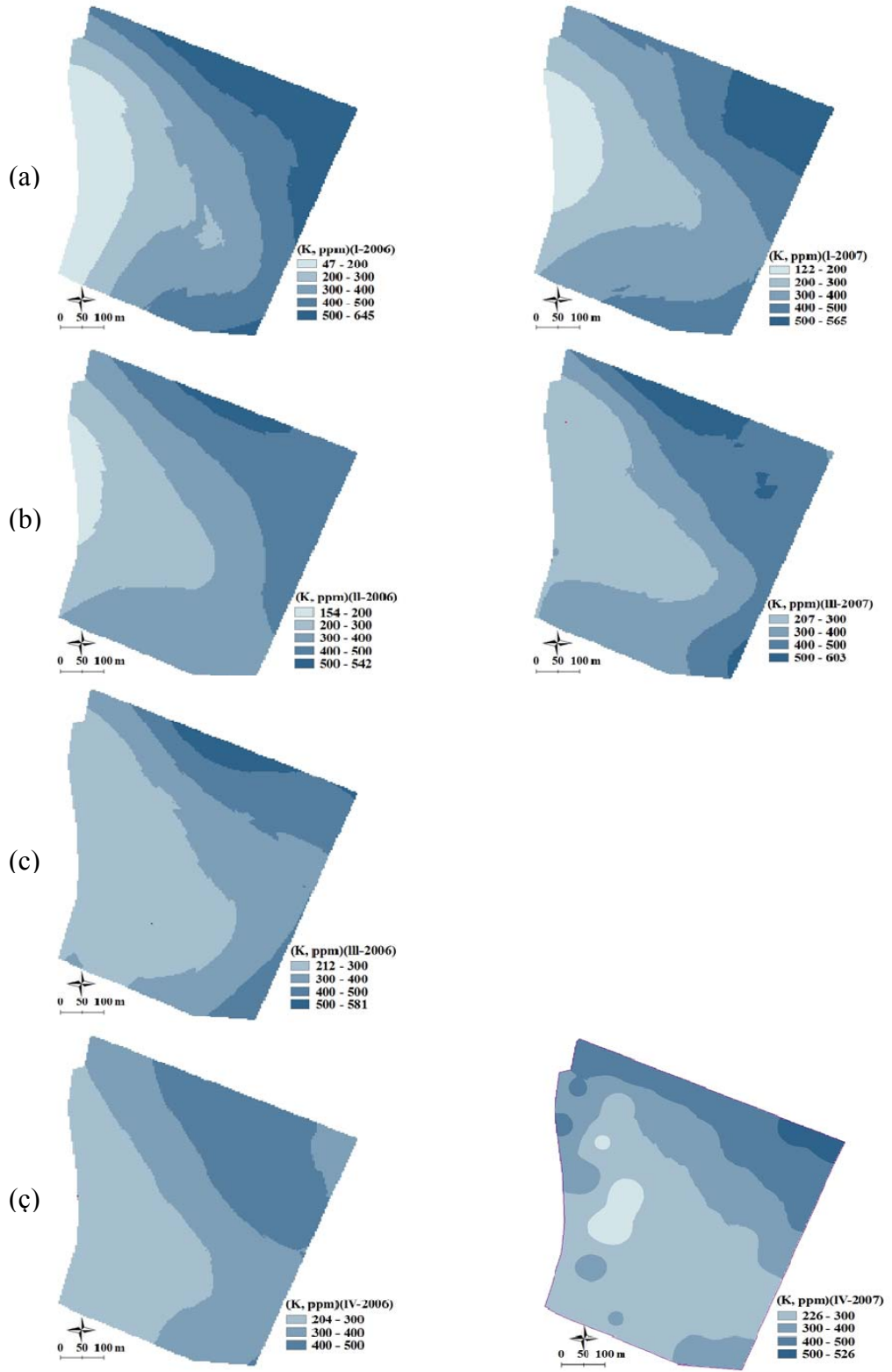
Bölüm 4.1.2'de aK'un mekânsal yapısını belirlemek amacı ile varyogram modellemesi yapılmış ve anizotropi gözlenmiştir. Örnek çiftleri ile en iyi uyumu veren Gauss varyogram modelleri belirlenmiştir. Elde edilen kontrolsüz etki varyansı (C<sub>0</sub>), yapısal varyans (C<sub>0</sub>+C) varyogram parametreleri ve Gauss model tipi diğer dönemlerde

yapılmış olan örneklemelelerde krigleme yüzeylerini oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 4.50.a.b.c.ç'de bahsi geçen 7 örnekleme döneminde aK'un mekânsal dağılımları görülmektedir.

Şekillerden (Şekil 4.50.a.b.c.ç) görüldüğü gibi sürekli değişen uygulamaların yürütüldüğü bir tarım arazisi olmasına karşın, çalışılan arazide aK'un mekânsal artma ve azalma yönü değişmemiştir. Nitekim tN ve aP'da olduğu gibi, aK'da da arazide dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber mekânsal yapının korunduğu görülmüştür (Şekil 4.50.a.b.c.ç). Ancak yapılan uygulamalar, dönemin iklim ve arazi koşullarına bağlı olarak, farklı dönemlerde aK içeriğinde mekânsal dağılımda değişimler gözlenmiştir.

Çalışılan alanın tarım arazisi olmasından dolayı potasyumlu gübre uygulaması nedeniyle aK'da artma ve azalma bölgeleri olabileceği gibi, kil ve OM içeriğinin de artma ve azalmalarda etkili olabileceği düşünülmelidir. Nitekim Bölüm 4.3'de toprak özelliklerinin mekânsal ilişkilerine yönelik yapılmış olan çalışmalarda aK ve kil arasında 0,91 oranında pozitif önemli ( $P<0,01$ ), aK ve OM arasında 0,74 oranında pozitif önemli ( $P<0,01$ ) mekânsal ilişkiler bulunmuştur.

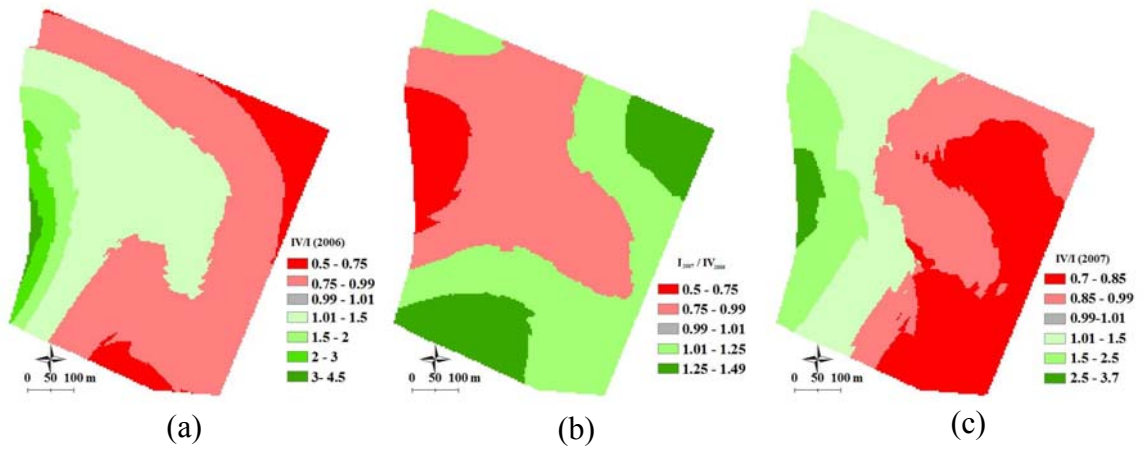
Jiang vd. (2006), Shenyang'da 120 ha bir tarım arazisinde 1980 ve 2000 yıllarında 0–20 cm'den toplanan iki dönem örnekleme sonuçlarına göre, aK'un zamansal ve mekânsal değişimlerini ve alansal bağımlılık seviyelerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar arazide düşük organik gübre ve K uygulamalarının, toprak organik maddesi ve aK'un daha homojen kalmasına neden olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.50 Toprakta aK içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları

a. I. örnekleme dönemi, b. II. örnekleme dönemi, c. III. örnekleme dönemi, ç. IV. Örnekleme dönemi

Şekil 4.51.a ilk yılın hasat sonu (IV) ve ekim öncesi (I) dönemleri arasındaki raster oranlama sonucunu vermektedir. Buna göre arazide kil, OM ve KDK'nin yüksek olduğu kuzey ve kuzeydoğu bölgesinde % 50 oranına varan azalma gözlenirken, özellikle kil ve OM içeriklerinin düşük olduğu alanlarda 3 kata varan bir artma gözlenmiştir. Arazide kil ve OM'nin yüksek olduğu alanlarda, özgül yüzey alanı ve yüzey tutulması arttığından, KDK'da artmakta ve buna bağlı olarak aK'un tutulması bu bölgelerde daha fazla olmaktadır. Kil ve OM'nin düşük olduğu bölgelerde ise, kolloidlerin özgül yüzey alanı düştüğünden, yüzey tutulması ve KDK'da düşük, buna bağlı olarak da aK'un tutulması düşük olmaktadır.



Şekil 4.51 Toprakta aK içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları

(Kırmızı ve tonları: azalma bölgeleri, gri: değişim olmayan bölgeler, yeşil ve tonları: artma bölgeleri)  
a. IV/I (2006), b.  $I_{2007}/I_{2006}$ , c. IV/I (2007)

İkinci yılın ekim öncesi dönemi (I) ve birinci yılın hasat sonrası (IV) dönemleri arasındaki raster oranı veren Şekil 4.51.b incelendiğinde, arazide kil içeriğinin yüksek olduğu kuzeydoğu ve silt içeriğinin yüksek olduğu güney bölgelerinde % 49 oranına varan artma gözlenirken ve arazide kil içeriğinin % 40–64 arasında ve silt içeriğinin % 40–50 arasında olduğu bölgede ise azalma gözlenmiştir. Buna ilaveten, arazide kil ve OM içeriğinin düşük olduğu batı bölgelerinde % 50 oranına varan azalma gözlenmiştir. Tarımsal uygulamaların yapılmadığı bu süreçte aK'un zaman içinde mekânsal yapısını bozmadan bir değişime uğradığı gözlenmiştir.

Hoskinson vd. (1999), benzer bir çalışmada, ürün yetiştirme süreci olan haziran, temmuz ve eylülde yapmış oldukları örnekleme sonuçlarına göre, arazide potasyumlu gübre uygulaması yapılmamasına rağmen, aK seviyelerinde önemli artışlar tespit etmiştir. Çalışmada toprakta aK içeriğinin aynı bölgede 136 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinden 290 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine kadar yükselme gösterdiği belirtilmiştir (Hoskinson vd. 1999).

Bu araştırmada olduğu gibi aK'un mekânsal dağılım yapısında önemli bir değişimin gözlenmediğini belirten bir başka çalışmada ise, Štípek (2003) aK'un zamansal-mekânsal değişimlerini 10,4 ha bir tarım arazisinde incelemişlerdir. Araştırmacılar, 2001–2003 tarihleri arasında iki dönem ilkbahar, iki dönem sonbaharda olmak üzere toplam 12 örnekleme dönemi için aK'un jeostatistiksel modellemelerini yaparak arazi uygulamalarının mekânsal dağılım yapısı üzerindeki zamansal etkilerini yarıvaryogram parametreleri ile açıklamaya çalışmışlardır. Sonuçta, alana özgü değişken gübre uygulaması yapılmasına rağmen, arazide aK'un mekânsal dağılım yapısında önemli bir değişim olmadığını belirtilmiştir.

İkinci yılın hasat sonu ve ekim öncesi dönemleri arasındaki raster oranlama sonucuna göre (Şekil 4.51.c) arazinin kuzeybatı ve güneybatı bölgelerinde 3 kata varan artma gözlenirken, kuzeydoğu ve güneydoğu bölgelerinde mekânsal dağılım yapısı bozulmadan % 30 oranlarına varan azalma gözlenmiştir. Mısır ekimi yapılan bu arazide bu raster oranında birinci yılın IV/I oranı ile benzer bir mekânsal değişim olduğu dikkatleri çekmektedir.

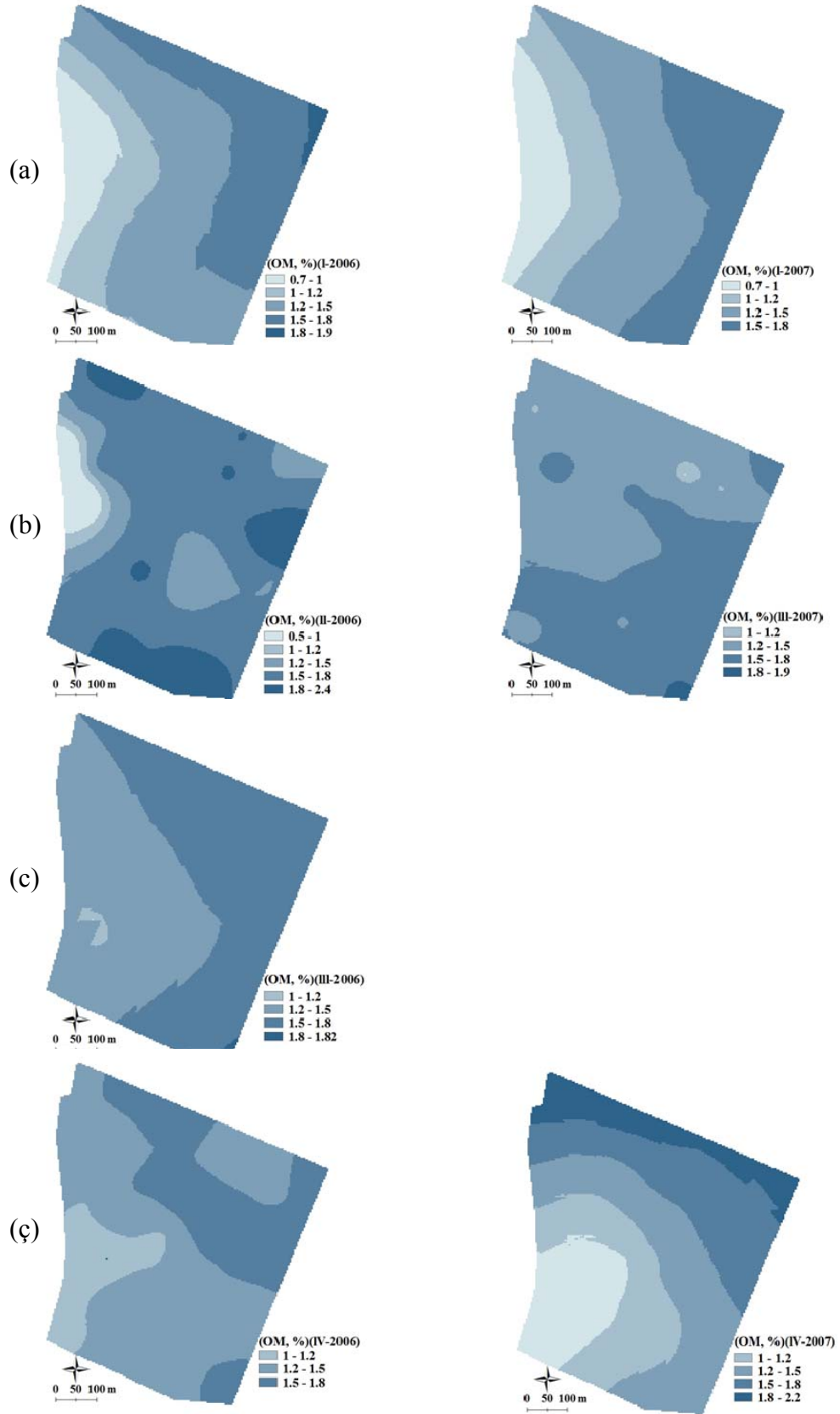
#### **4.2.2.4 Toprak organik maddesi (OM)**

Araştırma alanında OM içeriği dönemlere bağlı olarak % 0,7–2,4 arasında değişim göstermektedir. Arazinin doğusunda kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda OM içeriği her iki yılın I. ve IV. dönemlerinde en düşük seviyelerde iken kil ve silt içeriğinin yüksek olduğu bölgelerde ise nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.52.a.b.c.ç).

Bölüm 4.1.2’de toprak OM’sinin mekânsal yapısını belirlemek amacı ile varyogram modellenmesi yapılmış ve anizotropi gözlenmiştir. Örnek çiftleri ile en iyi uyumu veren Gauss varyogram modelleri belirlenmiştir. Elde edilen kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ), yapısal varyans ( $C_0+C$ ) varyogram parametreleri ve Gauss model tipi diğer dönemlerde yapılmış olan örneklemelerde krigleme yüzeylerini oluşturmak için kullanılmıştır. Şekil 4.52.a, b, c, ç’de bahsi geçen 7 örneklem döneminde OM’nin mekânsal dağılımları görülmektedir.

Şekillerden (Şekil 4.52.a.b.c.ç) görüldüğü gibi sürekli değişen uygulamaların yürütüldüğü bir tarım arazisi olmasına karşın, OM’nin arazideki mekânsal artma ve azalma yönü değişmemiştir. Nitekim tN, aP, aK’da olduğu gibi arazide OM’de de dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber, mekânsal yapının korunduğu görülmüştür (Şekil 4.52.a.b.c.ç). Ancak tarım arazisi olması nedeniyle yapılan uygulamalar ve dönemin iklim ve arazi koşullarına bağlı olarak, farklı dönemlerde arazide OM içeriğinde mekânsal dağılımda değişimler gözlenmiştir. Arazide bitkisel ve hayvansal dokular toprak organik maddesinin kökenini oluşturmaktadır. Organik artıklar toprağa karıştıktan sonra mikroorganizmaların etkisi ile ayrışmaya başlar ve mineralize oluncaya kadar çeşitli değişikliklere uğrarlar. Ayrışma işlemi esnasında organik materyalin yapısında bulunan azot, fosfor, kükürt, magnezyum vb. elementlerin bir kısmı veya tamamı ortam koşullarına bağlı olarak serbest hale gelir. Organik materyalde bağlı olarak bulunmayan diğer bitki besin elementleri de, bu ayrışma olayı esnasında açığa çıkarak toprağa geçer. Bu nedenle toprak organik maddesi toprağın fiziksel koşullarını düzenlemesi, biyolojik süreçleri yönlendirmesi ve bazı BBM’lerine kaynak olması bakımından toprak verimliliği açısından önemlidir. Organik maddenin mekânsal dağılım yapısının bilinmesi toprak özellikleri hakkında da önemli bilgiler verebilir (Whelan vd. 1996). Mısır ekimi yapılan arazide hasat sonrasında anızın yakılmayıp parçalanarak toprağa karıştırılması, OM’de görülen artma bölgelerinin bir nedeni olarak değerlendirilebilir. Arazide OM’nin zaman içindeki mekânsal değişimi tN ile bir uyum göstermektedir. Kil ve silt içeriğinin yüksek olduğu alanlarda OM içeriği de yüksek iken, kum içeriğinin yükseldiği kil ve silt içeriğinin düştüğü alanlarda OM içeriğinin de düşük olduğu tüm dönemlerde gözlenmektedir (Şekil 4.52.a.b.c.ç). Toprak OM’si kil kolloidleri gibi yüksek yüzeysel tutunmaya sahiptir. Bu özelliği nedeni ile OM’nin



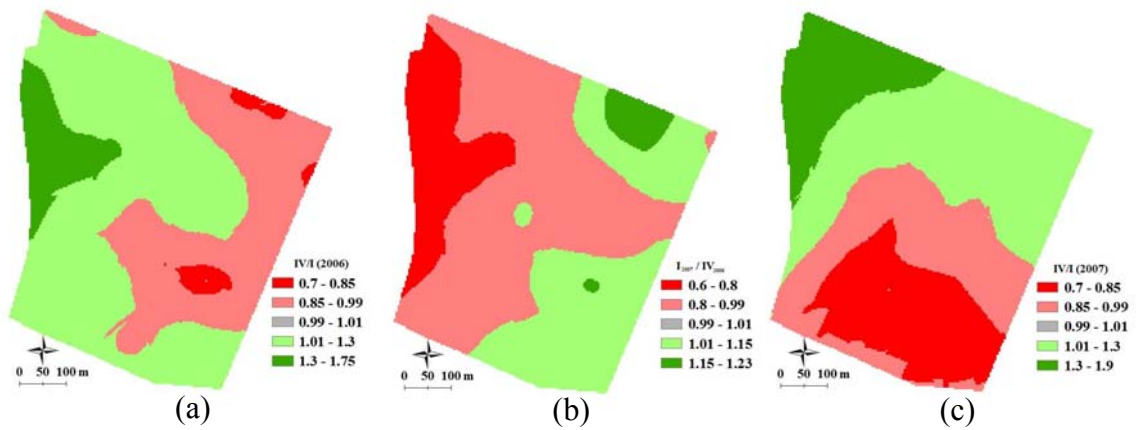


Şekil 4.52 Toprakta OM içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları

a. I. örnekleme dönemi, b. II. örnekleme dönemi, c. III. örnekleme dönemi, ç. IV. Örnekleme dönemi

yüksek olduğu yerlerde KDK ve aK'un yüksek olması beklenen bir durumdur.

Şekil 4.53.a ilk yılın hasat sonu (IV) ve ekim öncesi (I) dönemleri arasındaki raster oranlama sonucunu vermektedir. Buna göre arazide ilk yılın I. döneminde kilin, tN, aK ve KDK'nın yüksek olduğu kuzey ve kuzey doğu bölgesinde genelde % 15 yer yer % 30 oranına varan azalma gözlenirken, özellikle ilk yılın I. döneminde OM içeriklerinin düşük olduğu alanlarda hasat sonunda % 30–75 oranları arasında bir artma olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.53 Toprakta OM içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları

(kırmızı ve tonları: azalma bölgeleri, gri: değişim olmayan bölgeler, yeşil ve tonları: artma bölgeleri)  
a) IV/I (2006), b)  $I_{2007}/IV_{2006}$ , c) IV/I (2007)

İkinci yılın ekim öncesi dönemi (I) ve birinci yılın hasat sonrası (IV) dönemleri arasındaki raster oranı veren Şekil 4.53.b incelendiğinde, arazide kil içeriğinin yüksek olduğu kuzey doğu ve silt içeriğinin yüksek olduğu güney bölgelerinde % 23 oranına varan artma gözlenirken ve arazide kil içeriğinin düşük olduğu kuzey batı alanında % 40 oranına varan azalmalar gözlenmiştir. Bu artma ve azalmalar tN (bkz. Şekil 4.47.b) ve aK (bkz. Şekil 4.51.b) ile paralellik göstermektedir. İkinci yıl ekim öncesi OM içeriğinde gözlenen artışa etki eden önemli bir unsurun da, bir önceki hasat sonrası parçalanarak arazide bırakılan mısır artığı olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Cabrera vd. (2005), arazide hasat sonrası bırakılan bitki artıklarının dönemler arası mekânsal dağılımdaki organik madde artışına önemli ölçüde katkıda bulunduğunu belirtmektedir (Şekil 53.b).

Hoskinson vd. (1999) yapmış oldukları benzer bir çalışmada, ürün yetiştirme süreci olan haziran, temmuz ve eylülde topladıkları örnekleme sonuçlarına göre, arazide organik gübre uygulaması yapılmamasına rağmen, organik azot seviyelerinde önemli artmalar tespit etmiştir. Araştırmacılar toprakta organik azot içeriğinin aynı bölgede  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyelerinden  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyelerine kadar yükselme gösterdiğini belirlemişlerdir.

İkinci yılın hasat sonu ve ekim öncesi dönemleri arasındaki raster oranlama sonucuna göre (Şekil 4.53.c) arazinin kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu bölgelerinde % 90 oranına varan artma gözlenirken, güney batı ve güney doğu bölgelerinde mekânsal dağılım yapısı bozulmadan % 30 oranlarına varan azalma gözlenmiştir.

#### **4.2.2.5 Toprak elektriksel iletkenliği (EC)**

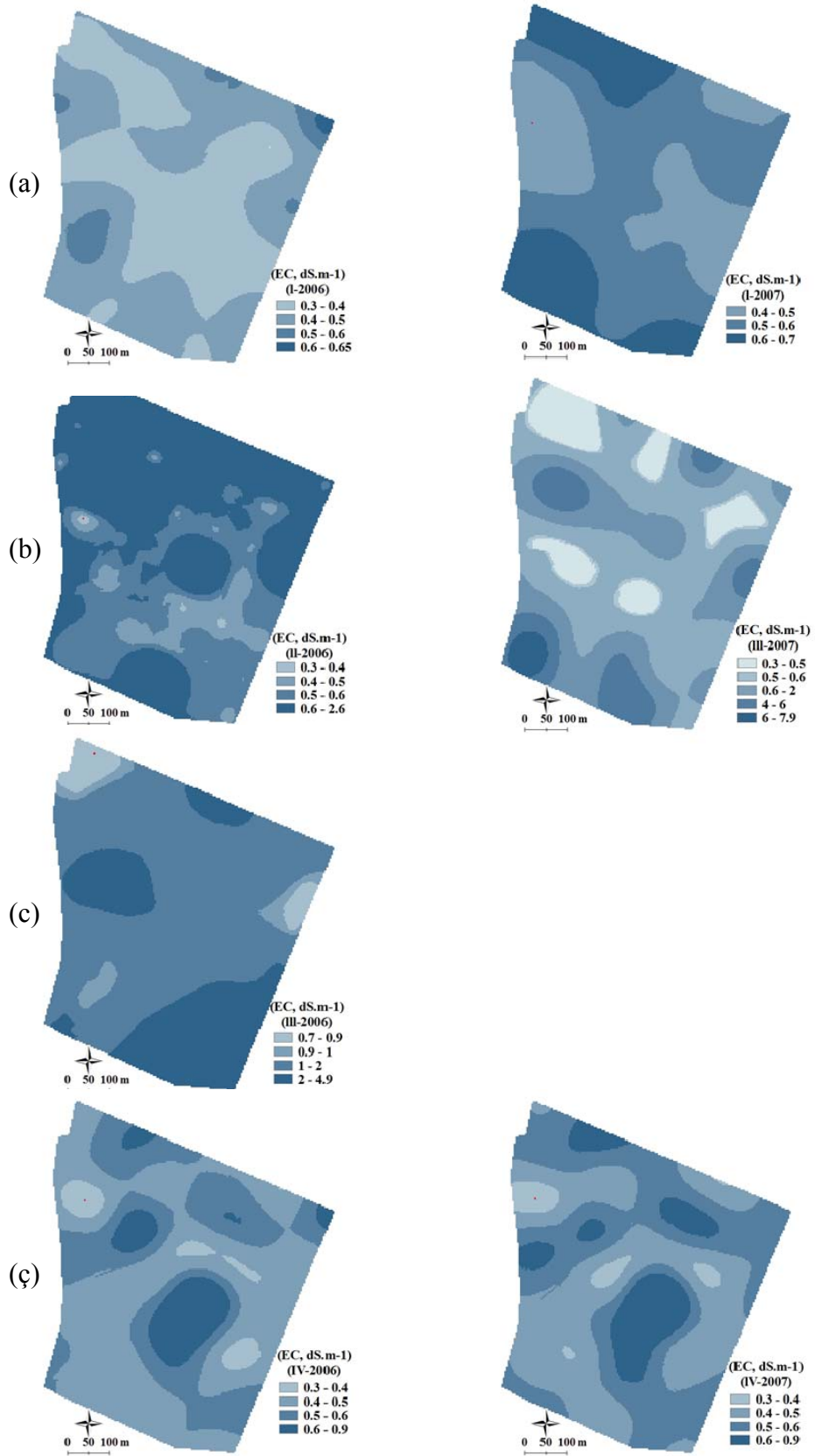
Araştırma alanında tuzluluk ekim öncesi  $0,3-0,65 \text{ dS m}^{-1}$  arasında ve hasat sonrası  $0,3-0,9 \text{ dS m}^{-1}$  arasında oldukça düşük seviyelerdedir (Şekil 4.54.a.ç). Ancak taban gübresi ve üst gübre uygulama sonrasındaki örneklemelemlerde özellikle II. dönem örneklemelemlerinde bazı bölgelerde EC seviyelerinde  $4,9-7,9 \text{ dS m}^{-1}$  seviyeleri arasında bir yükselme gözlenmektedir (Şekil 4.54.c). Bu ani yükselmelerin mısır tarımı yapılan bu arazide yapılan gübreleme uygulamasının bir yansıması olduğu düşünülmektedir. Toprakta karbonatlar, sülfatlar, klorürler, nitratlar ve boratlar gibi çeşitli tuzlar bulunabilir. Toprak ya da çözelti içindeki tuzluluk oranı arttığı zaman EC değeri de artar. Tuzluluk toprakta veya sularda kimyasal olarak tuz formunda olan bileşiklerin veya elementlerin konsantrasyonlarının artmasıyla oluşan doğal veya yapay bir oluşumdur. Doğal oluşum toprakta drenaj yetersizliğinde veya aşırı sıcaklık koşullarında kendiliğinden meydana gelmektedir. Yapay oluşum yani gübreleme ile oluşan tuzluluk ise, bir ölçüde yoğun yetiştiricilik yapılan alanlarda yüksek konsantrasyonlarda kullanılan gübrelerin uzun yıllar boyunca birikimi ile oluşmaktadır (Sönmez ve Sönmez 2008).

Bölüm 4.1.2’de EC’nin mekânsal yapısını belirlemek amacı ile varyogram modellemesi yapılmış ilk yıl I. dönemde tam kontrolsüz etki varyansı olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl II. dönem örneklemelemlerinde ise örnek çiftleri ile en iyi uyumu küresel varyogram modeli

sağlamıştır. Birinci yıl örnekler arasında alansal bağımlılık olmamasına rağmen ikinci yılın I. döneminde elde edilen kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ ), yapısal varyans ( $C_0+C$ ) varyogram parametreleri ve küresel model tipi kullanılarak ilk yılın birinci dönemi ve diğer dönemler için krigleme yüzeyleri oluşturulmuştur. Şekil 4.54.a.b.c.ç’de bahsi geçen 7 örnekleme döneminde EC’nin mekânsal dağılımları görülmektedir.

Şekillerden (Şekil 4.54a.b.c.ç) görüldüğü gibi sürekli değişen bir özelliğe sahip olan EC’nin belirgin bir mekânsal yapısı yoktur. Ancak bununla beraber ilk yıl ve ikinci yılın IV. dönemlerinde (Şekil 4.54.ç) mekânsal dağılımda önemli benzerlikler olduğu görülmüştür. Nitekim tN ve aP, aK ve OM’nin aksine, tam belirgin bir mekânsal yapı olmamakla beraber, EC değerlerinde de, ilk yıl ve ikinci yılın IV. döneminde (Şekil 4.54.ç) mekânsal dağılım yapısı benzerliği gözlenmiştir.

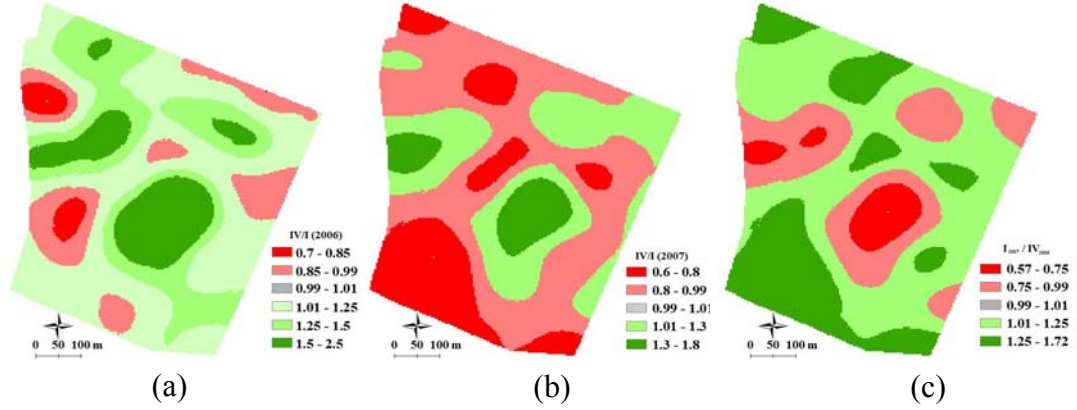
EC gerek arazideki tarımsal uygulamalar gerekse iklim özellikleri gibi birçok faktörün etkisi ile ani değişimler gösterebilmektedir. Tuzluluk ve gübreleme arasında pozitif bir ilişki söz konusudur. Gübre konsantrasyonunun artışı, toprak tuzluluğunun da artışına neden olmaktadır. Yüksek tuz konsantrasyonu, bitkilerin verim ve kalitelerinde azalmaya neden olmakla birlikte toprağın fiziksel yapısında da önemli zararların oluşmasına neden olabilmektedir. Bazen toprağa mineral gübre ilave edilmemesine rağmen toprakta EC değerinin arttığı gözlenir. Bu durum toprakta yarayışsız formda olan besin elementlerinin yarayışlı hale geldiğinin bir belirtisi olabilir (Sönmez ve Sönmez 2008). Ancak sulama, yağışlar, bitki gelişimi, taban suyu düzeyi ve bileşimi gibi çok sayıda etmenin rol oynadığı bir konuda, kesin yargılar yürütmek kolay değildir. Sulanan alanlarda, tabansuyu tuzluluk seviyesi uygulanan sulama suyunun miktarı ve kalitesi, drenaj sisteminin aktivitesine bağlı olarak değişebilir. Tabansuyu tuzluluk seviyesi, sulama sistemlerinde bitkilerin gelişimi için uygun çevre koşullarını etkilediği için çok önemli role sahiptir (Gündoğdu ve Aslan 2008). Arazide Haziran ayında alınan su numunelerinin analiz sonuçlarına göre sulama suyu olarak kanal suyu, T<sub>2</sub>A<sub>1</sub> (Orta tuzlu-Az sodyumlu su) sınıfındadır (Güçdemir vd. 2008).



Şekil 4.54 Toprakta EC içeriğinin farklı dönemlerdeki mekânsal dağılımları

a. I. örnekleme dönemi, b. II. örnekleme dönemi, c. III. örnekleme dönemi, ç. IV. Örnekleme dönemi

Şekil 4.55.a ilk yılın hasat sonu (IV) ve ekim öncesi (I) dönemleri arasındaki raster oranlama sonucunu vermektedir. Buna göre arazide ilk yılın I. döneminde arazinin orta kısmında yer yer 2,5 kata varan artma gözlenirken, yersel bazı bölgelerde % 30 oranına varan bir azalma olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.55 Toprakta EC içeriğinin farklı dönemlerdeki zamansal değişim oranları

(kırmızı ve tonları: azalma bölgeleri, gri: değişim olmayan bölgeler, yeşil ve tonları: artma bölgeleri)  
a. IV/I (2006), b.  $I_{2007}/IV_{2006}$ , c. IV/I (2007)

İkinci yılın ekim öncesi dönemi (I) ve birinci yılın hasat sonrası (IV) dönemleri arasındaki raster oranı veren Şekil 4.55.c incelendiğinde, arazide Şekil 54.a'da artma gözlenen bazı alanlarda % 43 oranına varan azalma gözlenmiştir.

İkinci yılın hasat sonu (IV) ve ekim öncesi (I) dönemleri arasındaki raster oranlamada (Şekil 4.55.c), arazinin Şekil 4.55.a'da artma gözlenen orta kısımlarında, % 80 oranına varan azalma gözlenmiştir. Şekil 4.55.a ve Şekil 4.55.c'de gözlenen mekânsal değişimlerin nispeten uyum içerisinde olduğu dikkatleri çekmektedir. Ancak Topraktaki EC değişimleri, sulama, gübreleme, yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi birçok faktörün etkisi altında olduğundan, hem mekânsal hem de zamansal değişkenliği diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi karakteristik bir yapı göstermemiştir. Bu nedenle dönemler arasında belirgin bir mekânsal dağılım yapısı gözlenmediğinden, EC'nin zamansal ve mekânsal değişimlerini incelemenin sağlıklı sonuçlar vermeyebileceği düşünülmektedir. Ancak bununla beraber arazi koşullarında doğrudan EC ölçer aletlerle (EM38) yapılmış olan çalışmalar, nem içeriği, EC ve gübreleme ve dolaylı olarak da verim arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir (Delin 2005).

Bu bölümde yapılan çalışmaların bazı toprak özelliklerinin zaman içindeki mekânsal dağılım yapılarında, durağanlık veya değişkenlik olduğunun belirlenmesi alana özgü arazi işletiminde önemli faydalar sağlamakta, gübre kullanımında hem ekonomik hem de çevre dostu uygulamaları olanaklı kılmaktadır. Nitekim araştırma kapsamında bulunan bazı sonuçların ileriki dönemlerdeki işletim planlamasında önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çerçevede, örneğin ürün verimi ve topraktaki BBM içerikleri, gübre uygulama miktar ve planları, sulama koşulları ve dönemleri ile iklim koşulları da dikkate alındığında, arazi için agronomik değerlendirmelerin yapılabileceği düşünülmektedir.

### **4.3 Toprak Özelliklerinin Mekânsal İlişkileri**

#### **4.3.1 Çok-değişkenli (multivariate) analizler**

##### **4.3.1.1 Temel bileşenler analizi**

Araştırmanın bu bölümünde jeostatistiksel modellemenin yanında, benzer ve aykırı mekânsal yapı davranışı gösteren toprak özellikleri de araştırılmaya ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Toprak verimlilik özellikleri birbirleri ile farklı etkileşimler göstermekte ve aralarında açıklanması oldukça güç karmaşık ilişki bulunmaktadır. Bu karmaşık yapıya rağmen benzer mekânsal değişkenlik yapısı gösteren toprak özellikleri olduğu gibi farklı mekânsal değişkenlik yapısı gösteren toprak özellikleri de mevcuttur (Webster ve Oliver 2001).

Çalışma kapsamında toprak özelliklerinin tamamı 2006 yılının I. dönem toprak örneklemeinde değerlendirilmiştir. Toprak verimlilik özelliklerinin temel bileşen analizi bu nedenle bu örnekleme dönemi için yapılmış ve toprak özellikleri katkı sağladıkları bileşenlere göre gruplandırılmıştır. Temel bileşen analizi bir özellikler setinin varyans-kovaryans yapısını, bu özelliklerin doğrusal birleşimleri vasıtasıyla açıklayarak, gruplandırılmasını ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir (Wackernagel 1998). Son yıllarda değişken oranlı gübre uygulaması ya da toprak özelliklerindeki mekânsal değişkenliğin tarımsal işletilmesi

üzerinde yaygın olarak birçok çalışmalar yürütülmektedir (Pierce ve Nowak 1999, 2002). Toprak verimlilik özelliklerindeki mekânsal değişkenliğin değişken oranlı tarımsal işletiminin yapılabilmesi için, homojen işletim zonlarının oluşturulması gereklidir (Ortega vd. 1999). Bu zonlar verim haritaları yardımı ile belirlenebildiği gibi, farklı toprak verimlilik özellikleri arasındaki etkileşim ve katkı sağladıkları fiziksel sürecin belirlenmesiyle, yani temel bileşen analizi ve kümeleme (cluster) yöntemi ile de değerlendirilmeye çalışılmaktadır (Ortega vd. 2007). Toprak verimlilik özellikleri arasındaki korelasyonlar (Çizelge 4.40) Pearson korelasyon matrisinde görülmektedir

Çizelge 4.40 Toprak verimlilik özellikleri Pearson Korelasyon Matrisi

	tN mg kg <sup>-1</sup>	aP mg kg <sup>-1</sup>	aK mg kg <sup>-1</sup>	OM %	Kum %	Silt %	Kil %	EC dS m <sup>-1</sup>	pH	KDK Cmol kg <sup>-1</sup>	CaCO <sub>3</sub> %
tN	1										
aP	0,495**	1									
aK	0,728**	0,588**	1								
OM	0,515**	0,512**	0,749**	1							
Kum	-0,609**	-0,236	-0,823**	-0,601**	1						
Silt	-0,241	-0,365*	-0,277	-0,103	-0,135	1					
Kil	0,688**	0,405**	0,913**	0,621**	-0,885**	-0,341*	1				
EC	0,198	0,399**	0,245	0,125	0,084	-0,425**	0,128	1			
pH	-0,423**	-0,515**	-0,554**	-0,389*	0,319*	0,296	-0,442**	-0,389*	1		
KDK	0,610**	0,259	0,858**	0,583**	-0,891**	-0,149	0,916**	0,048	-0,371*	1	
CaCO <sub>3</sub>	-0,120	0,066	-0,395**	-0,392*	0,508**	-0,178	-0,395**	0,069	0,219	-0,569**	1

\*\* Korelasyon < 0,01 seviyesinde önemli (iki yönlü).

\* Korelasyon < 0,05 seviyesinde önemli (iki yönlü).

Toprakta tN, aP, aK, OM, kil ve KDK kendi aralarında pozitif ( $P < 0,01$ ) önemli bir ilişki gösterirken, bu grup kum, CaCO<sub>3</sub> ve pH ile negatif ( $P < 0,01$ ) önemli bir ilişkiye sahiptir. CaCO<sub>3</sub>, kum ve pH diğer toprak özellikleri ile negatif ( $P < 0,01$ ) önemli bir ilişki içindeyken, birbirleri ile pozitif ( $P < 0,05$ ) önemli bir ilişki göstermektedir (Çizelge 4.40).



Korelasyon matrisinde görülen bu ilişkileri daha belirginleştirmek ve grupları ortaya çıkarmak için korelasyon matrisi kullanılarak varimax dönüşümü (Kaiser 1958) ile temel bileşenler oluşturulmuştur. Varimax rotasyonunda varyans değeri maksimum seviyede ise bileşen hakkındaki yorum da en yüksek temsil edici seviyede yapılabilmektedir (Zhang vd. 2008). Çizelge 4.41’da varimax dönüşümü yapılmadan önce (TBA) sonucu toprak özelliklerinin oluşturduğu grupları hangi seviyede temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.41 Toprak özelliklerinin TBA sonucu bileşenlere olan yüzdeleri

TÖ	TBA Çıkarımı
tN (mg kg <sup>-1</sup> )	0,730
aP (mg kg <sup>-1</sup> )	0,605
aK (mg kg <sup>-1</sup> )	0,949
OM (%)	0,606
EC (ds m <sup>-1</sup> )	0,687
Kum (%)	0,933
Silt (%)	0,640
Kil (%)	0,922
KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,880
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,852
pH	0,646

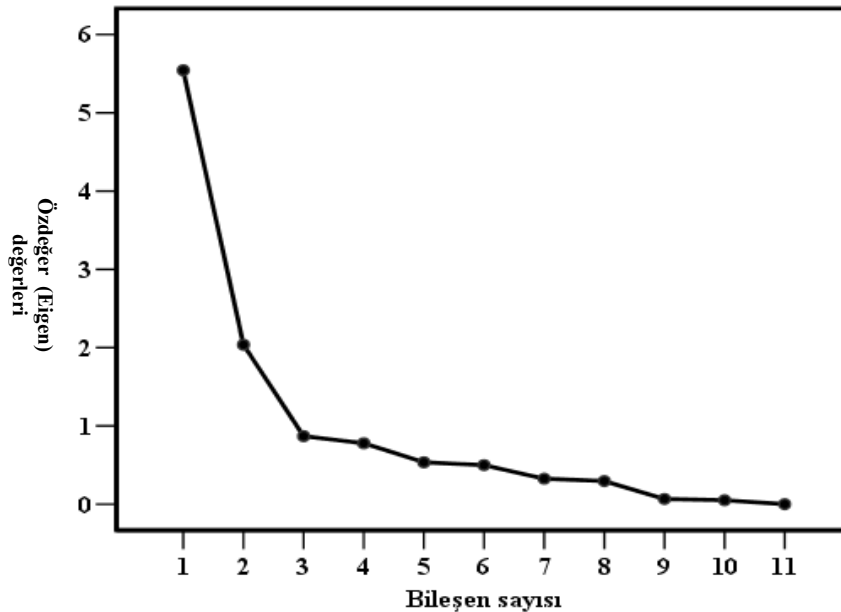
Çizelge 4.41’da görüldüğü gibi toprakta aK durumunun % 94 oranında, kum durumunun % 93, kil durumunun % 92 ve ardından KDK durumunun % 88 oranında bileşen gruplarında temsil edilebilir olduğu belirlenmiştir. Eğer eklenik varyans değeri % 50’nin altına düşerse sonuçların bileşeni temsil edici özelliği de azalmaktadır (Zhang vd. 2008).

Bileşenlerin özdeğer (eigen) ve varyans değerlerine göre ilk üç bileşenin toplamı % 76 varyans değerini vermektedir (Çizelge 4.42). Birinci bileşen % 50, ikinci bileşen % 18 eklenik varyans değerine ulaşmıştır. Birinci bileşenin özdeğeri = 5, ikinci bileşenin

özdeğeri = 2 olmakla beraber, temsil edici en düşük sınır kabul edilen (Wackernagel 2002) (özdeğer = 1) değer üzerinde olduğu için, bileşenlerin temsil ediciliği yüksektir. Ancak üçüncü bileşen (özdeğer = 0,8) kabul edilebilir sınır değer altında olmakla beraber yorumlanabilir özelliktedir.

Çizelge 4.42 Bileşenlerin toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisinin “Varimax” rotasyonlu özdeğerleri (Eigen değerleri) ve eklenik varyansları

Bileşen sayısı	Varimax ağırlıklı kareler dönüşüm toplamları		
	Toplam Eigen	Varyans %	Eklenik Varyans %
1	5,544	50,397	<b>50,397</b>
2	2,037	18,515	<b>68,912</b>
3	0,869	7,899	<b>76,811</b>
4	0,778	7,077	83,888
5	0,535	4,866	88,754
6	0,499	4,538	93,292
7	0,326	2,960	96,252
8	0,295	2,683	98,935
9	0,067	0,605	99,540
10	0,051	0,460	100,000
11	0,000	0,000	100,000



Şekil 4.56 Eigen (özdeğer) değeri ve bileşen sayısı grafiği

Şekil 4.56’de eğrinin keskin kırılma noktasının 3. bileşende olduğu görülmektedir. Bu durumda ilk üç bileşenin toprak özelliklerini temsil eden grupları oluşturduğu söylenebilir. 3. bileşenden sonra eğrinin şeklini değiştiren, bir başka bileşeni oluşturabilecek keskin kırılma noktası gözlenmemektedir.

Bileşen matrisi, faktörler cinsinden standardize edilmiş değişkenleri ifade eden katsayıları içerir. Bu katsayılar bileşen yükleri olarak adlandırılıp, değişkenlerle bileşenler arasındaki korelasyonları temsil eder. Mutlak değer olarak bileşen yükünün büyüklüğü arttıkça, değişken ve bileşenin birbiriyle yakından ilişkili olduğu kabul edilir. 0,5’in altındaki katsayılarda bileşen ve değişkenler arasındaki korelasyonlar önemsizdir (Wackernagel 2002). Toprak özelliklerinin Çizelge 4.43’deki katsayılarından ve Şekil 4.57 bileşenler grafiğindeki uzaysal konumlarından da görüldüğü gibi, birinci bileşen % 50 toplam varyansla, aK, kil, KDK, OM ve tN ile yüksek oranlarda temsil edilmekte olup bu grup kum ile de yüksek negatif bir korelasyon göstermektedir (Çizelge 4.43).

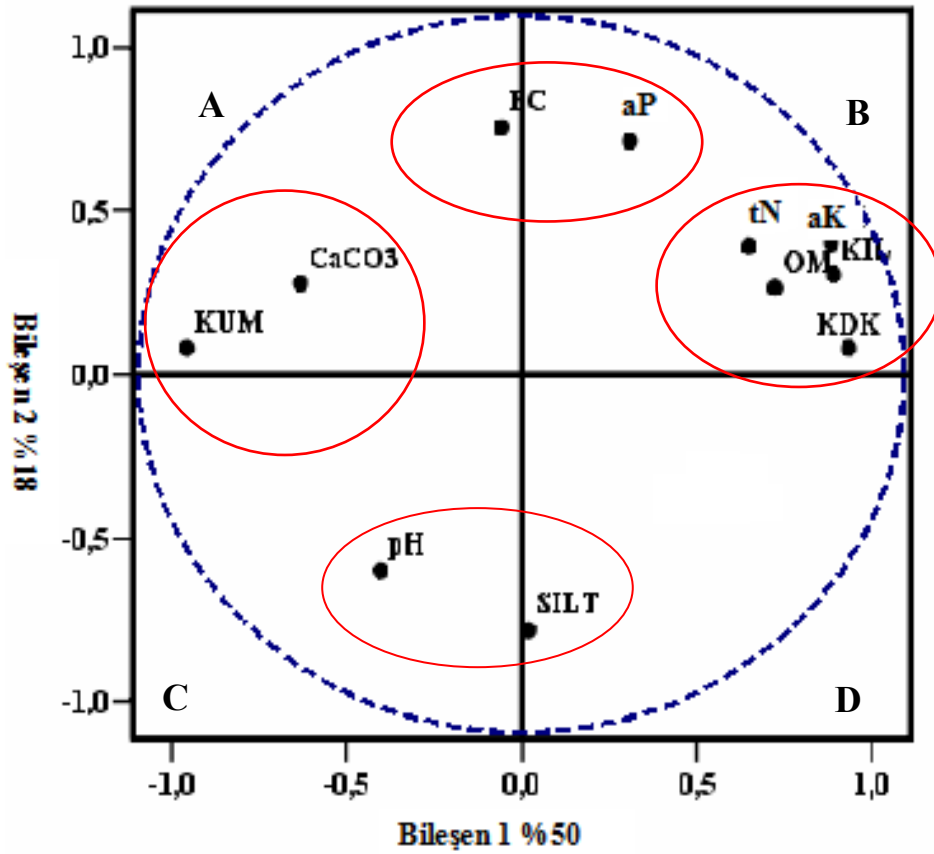
Çizelge 4.43 “Varimax” rotasyonlu bileşenler matrisi

TÖ	Bileşenler		
	1	2	3
tN (mg kg <sup>-1</sup> )	0,794	0,227	0,220
aP (mg kg <sup>-1</sup> )	0,560	0,685	0,080
aK (mg kg <sup>-1</sup> )	0,887	0,367	-0,165
OM (%)	0,661	0,295	-0,288
EC (ds m <sup>-1</sup> )	-0,079	0,825	-0,013
Kum (%)	-0,911	0,103	0,305
Silt (%)	-0,148	-0,652	-0,422
Kil (%)	0,929	0,226	-0,082
KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,888	0,068	-0,295
CaCO <sub>3</sub> (%)	-0,323	-0,664	0,730
pH	-0,321	-0,690	0,258

TO : Toprak özelliği

Birinci bileşeni oluşturan toprak özelliklerinden yola çıkarak, bu bileşenin toprak verimliliğini temsil ettiği söylenebilir. EC ve aP pozitif bir korelasyonla ve bu iki toprak özelliği silt, CaCO<sub>3</sub> ve pH ile negatif bir korelasyonla % 18 oranındaki eklenik varyansla ikinci bileşeni oluşturmaktadır. Alınabilir P'un, çizelge 4.43'deki katsayı değerlerine göre, aslında her iki grupla da ilişkili olduğu söylenebilir. İkinci bileşenin toprak fiziksel özelliklerini daha çok temsil ettiği söylenebilir.

Üçüncü bileşen ise çizelge 4.43'de görüldüğü gibi sadece CaCO<sub>3</sub> ile temsil edilmekle beraber, CaCO<sub>3</sub> ikinci bileşen içinde de değerlendirilebilir.



Şekil 4.57 Toprak özelliklerinin temel bileşenlerle korelasyonunu gösteren "Varimax" rotasyonlu uzaysal konumları

Temel bileşen analizi ile belirlenmiş olan toprak özellikleri arasındaki ilişkileri mekânsal olarak görebilmek amacıyla bileşenlerin yarıvaryogram model eğrileri ve krigleme yüzeyleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda örnekleme noktalarının bileşenlere

katkı oranlarını temsil eden varyans yükleri (bileşen skorları) jeostatistiksel olarak modellenmiş ve krigeleme yüzeyleri elde edilmiştir.

Kuşkusuz yapısal uzaklık, örnekleme aralığını belirlemede en önemli varyogram parametresidir (Isaaks ve Srivastava 1989, Kerry ve Oliver 2004, , Sağlam 2008). Yapısal uzaklık, varyans değerinin belli bir noktada sabitlendiği, bir örnek noktasının diğer bir örnek noktası ile alansal ilişkili olduğu en uzun mesafedir. Yapısal uzaklıktan daha uzun mesafelerde örnekler arasında alansal önemli bir ilişki olmadığından, örnekleme aralığının yapısal uzaklıktan fazla olmaması gerekir. Çizelge 4.44’de, OM’nin majör yapısal uzaklığı 576 m ve minör yapısal uzaklığı 468 m ile en yüksek değerde iken, CaCO<sub>3</sub>’ün majör yapısal uzaklığı 331 m ve minör yapısal uzaklığı 276 m ile en düşük değerde olduğu görülmektedir. Toprak özelliklerinin farklı yapısal uzaklıklara sahip olması nedeniyle örnekleme planlaması yapılırken, toprak özelliklerinde yapısal uzaklıklardaki bu değişkenlik de dikkate alınmalı, amaca göre toprak özelliği veya özelliklerinin mekânsal yapı parametreleri kullanılarak örnekleme aralığı tespit edilmelidir. Çünkü bir noktadan alınan bir örnekten onlarca toprak özelliği analizi yapılmakla beraber, tüm toprak özellikleri için ayrı ayrı örnekleme sistemi oluşturmak, hem ekonomik olarak, hem de iş gücü açısından zordur. Bu nedenle verim ve toprak özelliklerinin arasındaki mekânsal değişim ilişkileri incelenip, korelasyonu yüksek olan toprak özelliklerinin dikkate alınması, büyük uygulama kolaylıkları sağlayabilir. Gübreleme amaçlı uygulamalar için OM, tN, aP ve aK’un yapısal uzaklık değerleri arasında en düşük olan kabul edilmelidir. Araştırma sahasında aP seviyelerinin hasattan sonra aşırı düşme gösterdiği bölgelerin olduğu (bkz. Bölüm 4.2.2.2) göz önünde bulundurulduğunda, mısır tarımı yapılan bu arazi için örnekleme aralığı seçiminde BBM’den yapısal uzaklığı en düşük olan aP’un değerlendirilmesi gerekir. Arazide her yılda da izotrop bir yapı gösteren aP’nin, yapısal uzaklığının iki yılın ortalamasının yarısı olan (Kerry ve Oliver 2004) 176 m değeri, bu arazi için örnekleme aralığı olarak seçilebilir. Diğer toprak özelliklerinden tN, OM ve aK’un yapısal uzaklığı bu değer üzerinde olduğundan, aP için düzenlenen örnekleme sistemindeki örnekler tN, OM ve aK’un krigeleme mekânsal dağılımlarını elde etmek için de uygun olmaktadır. Ancak kontrolsüz etki varyansının da etkisinin dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır. İki varyogramın eşik değeri ve yapısal uzaklığı aynı olsa da, yüksek .

Çizelge 4.44 Bileşenlerin ve bileşenleri oluşturan toprak özelliklerinin jeoistatistiksel modelleme sonuçları

TÖ	VMT	KV (Co)	YV (Co+C)	MJ_YU	MN_YU	VM-R <sup>2</sup>	HKO	ABD	ABS	DK	DKS	ÇD_R <sup>2</sup>	ÇDSH
<b>Bileşen 1</b>	Gauss	2,1x10 <sup>-1</sup>	1,68	465	366	0,89	0.19	12,5	yüksek	-	-	0,93	0,13
<b>Kil (%)</b>	Gauss	4,02x10 <sup>-3</sup>	1,5x10 <sup>-1</sup>	435	321	0,99	2,9x10 <sup>-5</sup>	2,6	Yüksek	23,1	Orta	0,97	0,06
<b>Kum (%)</b>	Gauss	1,4x10 <sup>-1</sup>	1,51	455	292	0,97	0.12	9,1	Yüksek	89,4	Yüksek	0,88	0,10
<b>KDK (cmol kg<sup>-1</sup>)</b>	Gauss	1,62x10 <sup>-3</sup>	4,4x10 <sup>-2</sup>	442	320	0,98	1,9x10 <sup>-3</sup>	3,6	Yüksek	12,8	Düşük	0,89	0,09
<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	Gauss	2,3x10 <sup>3</sup>	3,8x10 <sup>4</sup>	467	396	0,94	1,9x10 <sup>-4</sup>	6,1	Yüksek	26,6	Yüksek	0,98	0,08
<b>OM (%)</b>	Gauss	4,6x10 <sup>-2</sup>	1,6x10 <sup>-1</sup>	576	468	0,85	2,4x10 <sup>-2</sup>	27,4	Orta	18,3	Orta	0,91	0,18
<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	Gauss	1,25x10 <sup>4</sup>	4,4x10 <sup>4</sup>	440	378	0,88	7,4x10 <sup>-8</sup>	28,2	Orta	15,6	Orta	0,96	0,22
<b>Bileşen 2</b>	Gauss	5,5x10 <sup>-1</sup>	1,65	351	334	0,84	0,14	33	Orta	-	-	0,92	0,15
<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>	TKVE									19,5	Orta		
<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	Küresel	1,3x10 <sup>-2</sup>	2,3x10 <sup>-1</sup>	380	360	-	1,8x10 <sup>-2</sup>	56,1	Orta	46,3	Orta	0,96	0,19
<b>Silt (%)</b>	Gauss	1,76x10 <sup>-3</sup>	3,2x10 <sup>-2</sup>	245	180	0,98	2,0x10 <sup>-3</sup>	5,4	Yüksek	12,8	Düşük	0,77	0,11
<b>pH</b>	Gauss	3,48x10 <sup>-3</sup>	6,4x10 <sup>-3</sup>	330	245	0,87	2,66x10 <sup>-5</sup>	53,2	Orta	0,9	Düşük	0,71	0,37
<b>Bileşen 3</b>	Üslü	1x10 <sup>-3</sup>	1.4	287	256	0,78	0,47	0,4	Yüksek	-	-	0,82	0,28
<b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	Üslü	4,86x10 <sup>-4</sup>	1,82x10 <sup>-3</sup>	331	276	0,94	1,28x10 <sup>-6</sup>	25	Yüksek	3,5	Düşük	0,93	0,20

TÖ: Toprak özellikleri, VMT: Varyogram model tipi, KV: Kontrolsüz etki varyansı, YV: Yapısal varyans, MJ\_YU: Majör yapısal uzaklık (m), MN\_YU: Minör yapısal uzaklık (m), VM-R<sup>2</sup>: Varyogram modeli regresyon katsayısı, HKO: Regresyon katsayısının hata kareler ortalaması, ABD: Alansal bağımlılık derecesi (%), ABS: Alansal bağımlılık sınıfı, DK: değişkenlik katsayısı, ÇD\_R<sup>2</sup>: Çapraz doğrulama regresyon katsayısı, ÇDSH: Çapraz doğrulama standart hatası, TKVE: Tam kontrolsüz etki varyansı

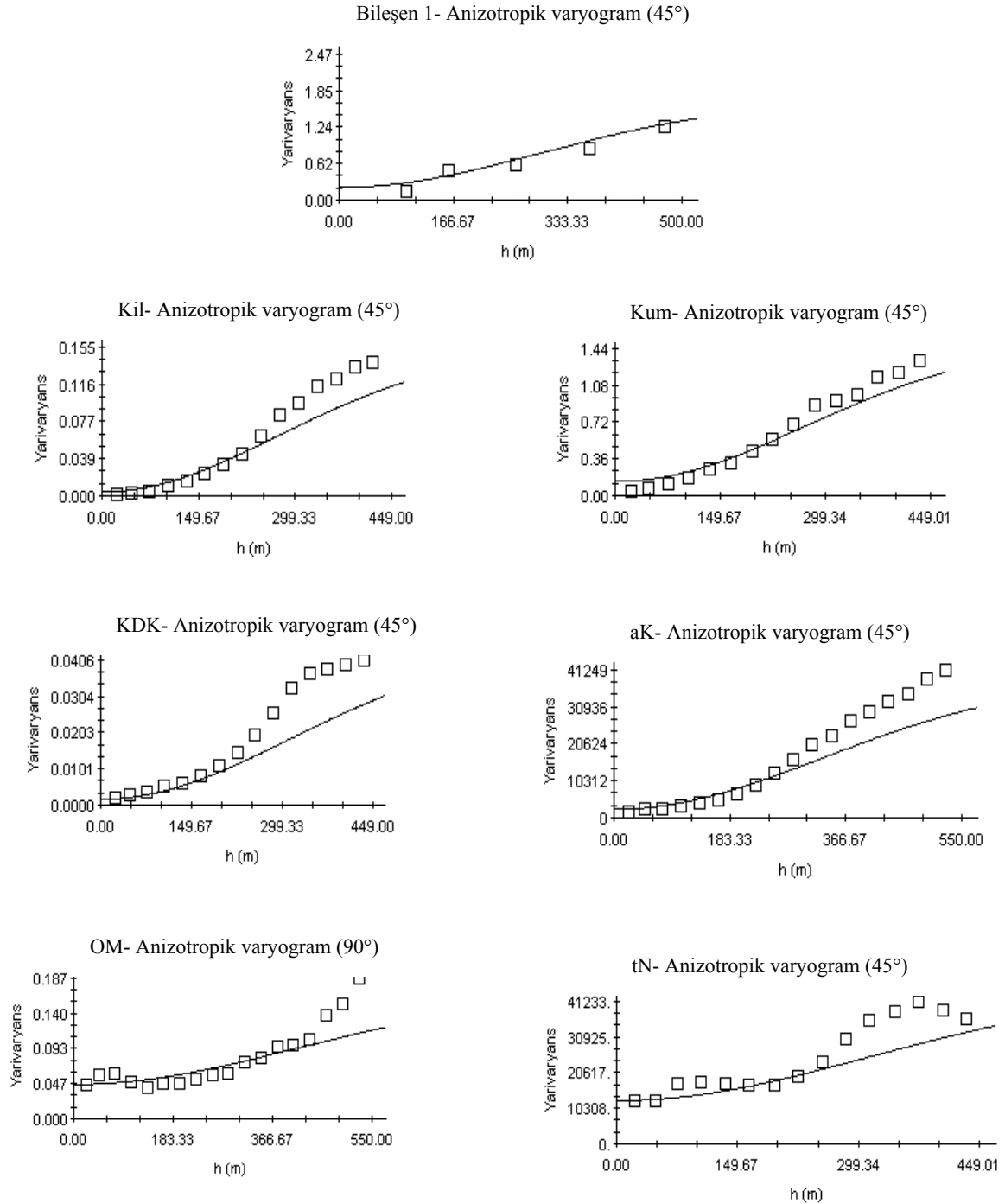
$C_0$  değeri, varyogram modellemesi yapılan örnek setinin aslında o toprak özelliği için çok da uygun aralıklarda alınmadığının bir göstergesidir.  $C_0$  değeri arttıkça örnek aralıklarından daha kısa mesafelerde bir değişim olduğu unutulmamalıdır. Eğer gübreleme amaçlı örnekleme yapılması istenirse, bu örnek setinde varyogramlar arasında en yüksek  $C_0$  değerleri aP ve tN'da görülmüştür. Her iki toprak özelliği arasında düşük  $C_0$  değeri ve yapısal uzaklığı düşük olanı seçmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Ancak araştırma alanında belirlenmiş olan optimum örnekleme aralığını veren yapısal uzaklıkların, başka bir arazide diğer toprak tiplerinde farklılık gösterebileceği de unutulmamalıdır. Bu nedenle alüviyal bir arazide yapılmış olan bu araştırma sonuçlarının, başka bir bölgede ve başka bir toprak tipinde kullanılmasının doğru sonuçlar veremeyeceği de açıktır.

Bileşenlerin ve bileşenleri oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram model sonuçlarının toplandığı çizelge 4.44'de görüldüğü gibi birinci bileşen Gauss varyogram modeline uyum gösterirken majör yapısal uzaklığı 465 m, minör yapısal uzaklığı 366 m olarak tespit edilmiştir. Birinci bileşeni temsil eden toprak özelliklerinden tN, aK, kil, kum, OM, KDK'nın majör ve minör yapısal uzaklıkları benzer şekilde birbirine yakın değerler arasında değişmektedir (Çizelge 4.44).

İkinci bileşen Gauss modeli ile en iyi uyumu gösterirken, majör yapısal uzaklığı 351 m ve minör yapısal uzaklığı 334 m olarak belirlenmiştir. Toprak özelliklerinden aP, pH ve serbest karbonatların (kireç) yapısal uzaklıkları da ikinci bileşen yapısal uzaklığına yakın değerler arasında değişmektedir (Çizelge 4.44). Tüm toprak özellikleri içinde siltin düşük yapısal uzaklıklarda değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Serbest karbonatlar üçüncü bileşen ile benzer mekânsal yapı gösterdiği gibi ikinci bileşen içerisinde de değerlendirilebilir.

Birinci temel bileşenin yarıvaryogram modeli (Şekil 4.58) ve krigleme yüzeyi ile (Şekil 4.59) bu bileşeni oluşturan toprak özellikleri belirli bir sıralamada verilmiştir. Bileşen 1 ve aK, KDK, OM, kil ve kum Gauss modeli ile en iyi uyumu sağlayarak benzer varyogram model yapısı (Şekil 4.58) göstermektedir.

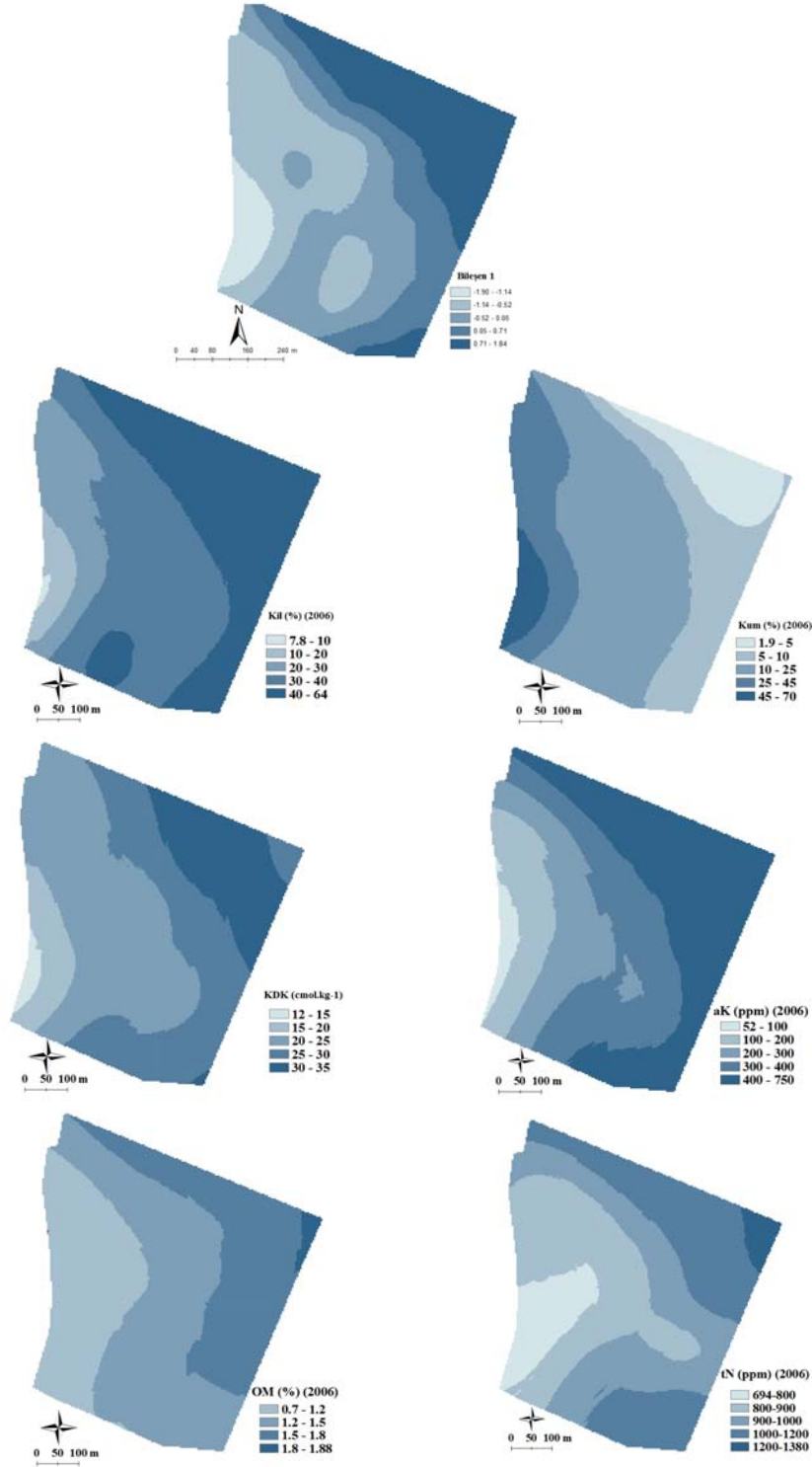
Temel bileşenin ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin varyogramları, anizotropinin görüldüğü ana eksenlerin anizotropik varyogramlarıdır. Birinci bileşende OM'nin anizotropi ana eksenini  $90^\circ$  azimut açısında iken, bu bileşeni oluşturan diğer toprak özelliklerinin ve bu bileşenin anizotropi ana eksenini  $45^\circ$  azimut açısında (Şekil 4.58).



Şekil 4.58 Bileşen 1 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri

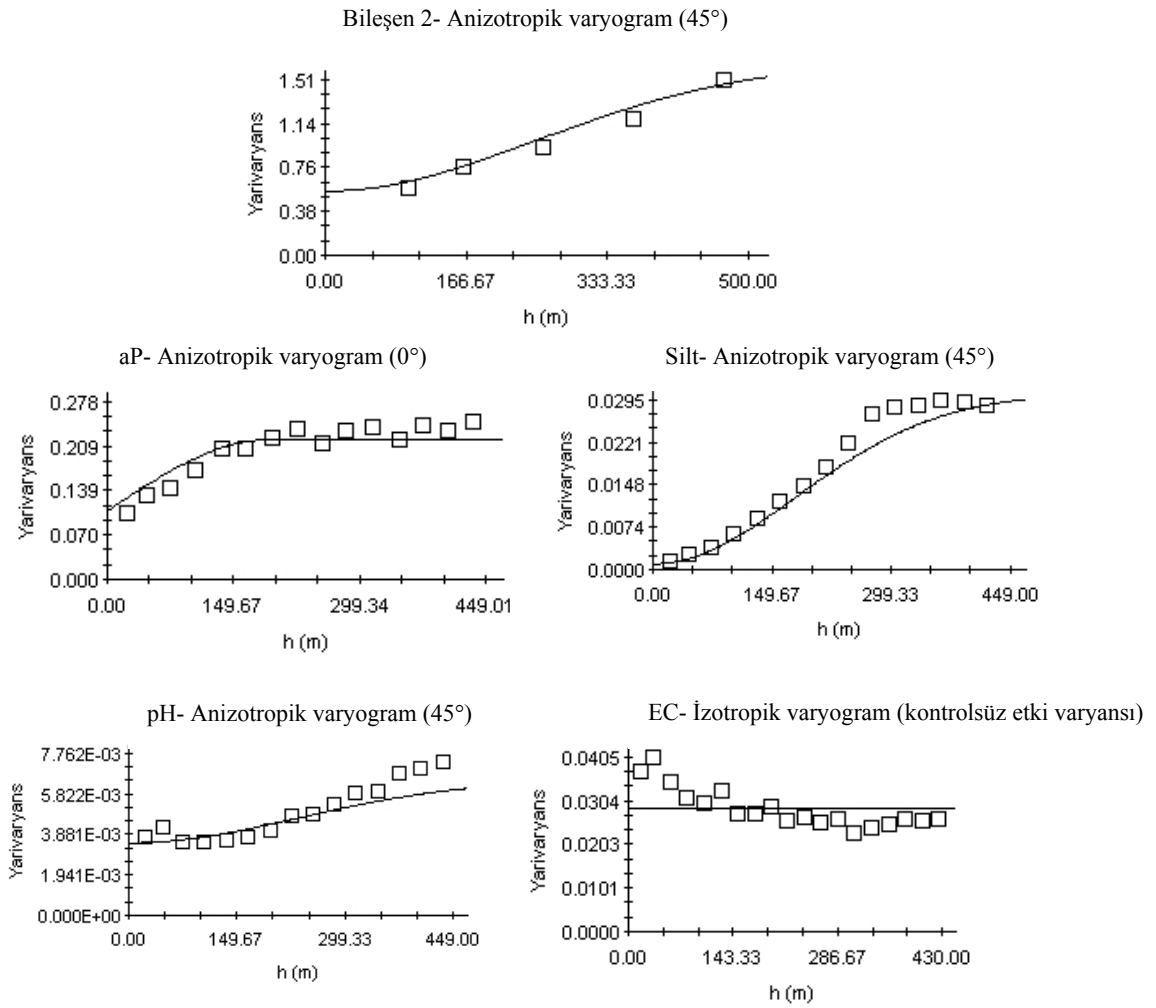


Birinci bileşenin krigleme yüzeyleri ve bileşeni temsil eden toprak özellikleri karşılaştırıldığında, mekânsal dağılım yapıları açısından da tN, aK, kil, OM, KDK ve kum 1. bileşen ile uyum gösterirken birbirleri ile de yüksek ilişki göstermektedir (Şekil 4.59).



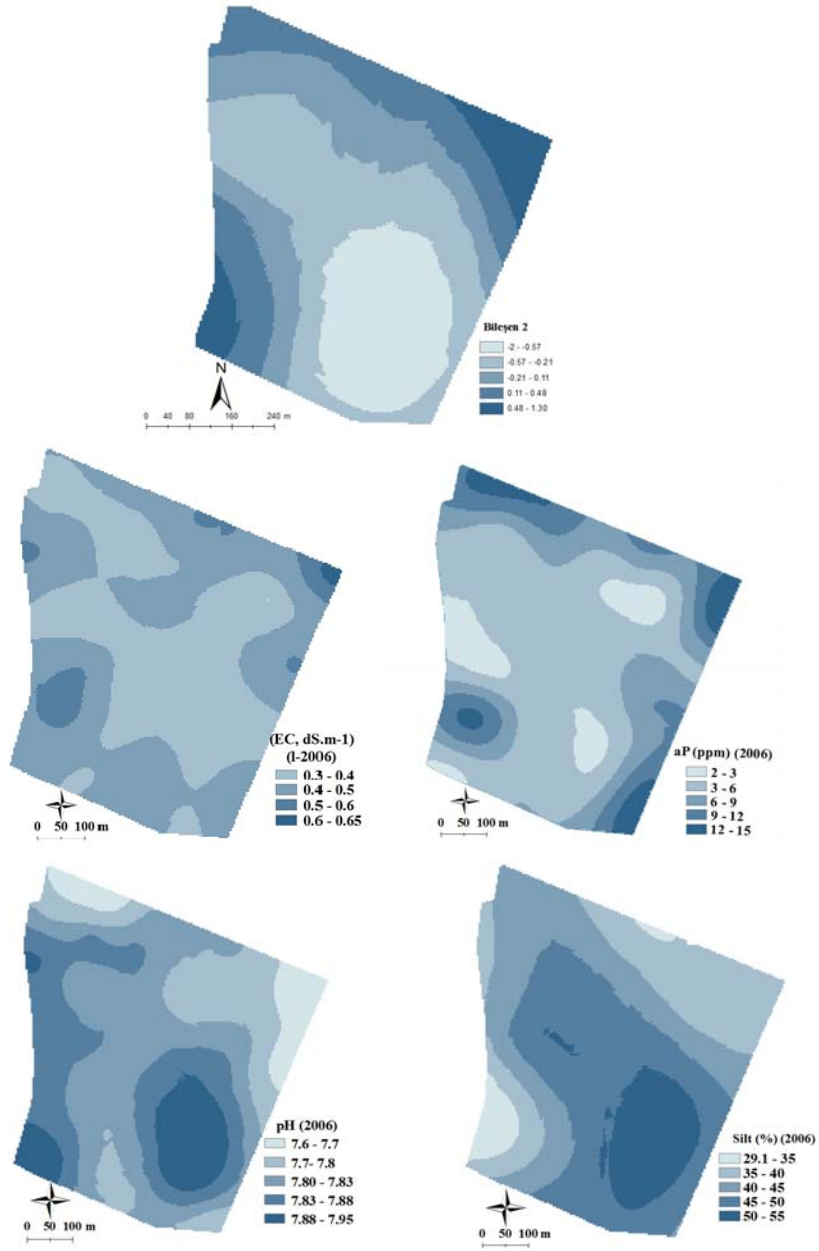
Şekil 4.59 Bileşen 1 ve bileşeni oluşturan toprak özellikleri krigleme dağılımları

Toprak özelliklerinden silt ve pH ise ikinci bileşen gibi Gauss yarıvaryogram yapısına (Şekil 4.60) uyum gösterirken, aP küresel varyogram modeli ile en iyi uyumu sağlamıştır. İkinci bileşende anizotropinin görüldüğü ana eksen  $45^\circ$  azimut açısında iken, bu bileşeni oluşturan aP'de anizotropinin görüldüğü ana eksen  $0^\circ$  azimut açılarıdır. Temel bileşen analizi sonuçlarına göre EC bu grupta yer alsa da bu toprak özelliğinde kontrolsüz etki varyansı gözlenmiştir.



Şekil 4.60 Bileşen 2 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri

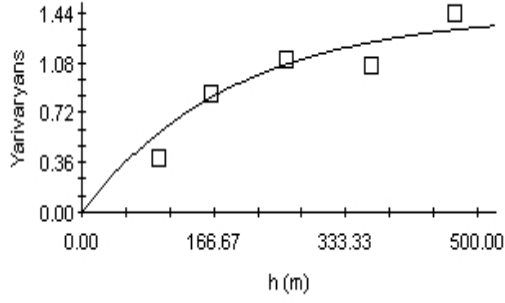
İkinci bileşen ve bu bileşeni oluşturan krigeleme mekânsal dağılımlarına göre ikinci bileşenin silt ve pH ile benzerlik gösterdiği gözlenmektedir. Bu bileşene olan katkı oranları açısından her ne kadar aP ve EC bu bileşende yer alsa da, krigeleme mekânsal dağılımları açısından tam bir benzerlik gözlenmemiştir (Şekil 4.61).



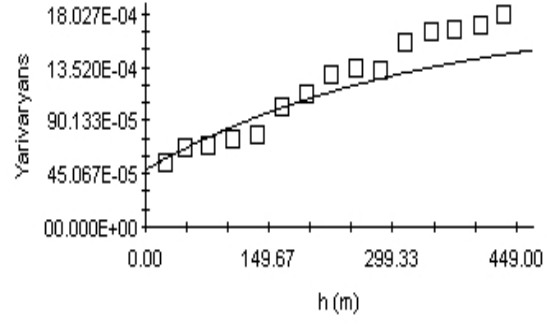
Şekil 4.61 Bileşen 2 ve bileşeni oluşturan toprak özellikleri krigeleme dağılımları

Toprak özelliklerinden  $\text{CaCO}_3$  ise üçüncü bileşenin üslü yarıvaryogram yapısına (Şekil 4.62) uyum gösterdiği gibi, bileşenlere olan katkı oranları itibarı ile ikinci bileşen içinde de değerlendirilebilir. Üçüncü bileşende anizotropinin görüldüğü ana eksen  $90^\circ$  azimut açısında iken, bu bileşeni oluşturan  $\text{CaCO}_3$ 'da anizotropinin görüldüğü ana eksen  $45^\circ$  azimut açısındadır.

Bileşen 3- Anizotropik varyogram (90°)

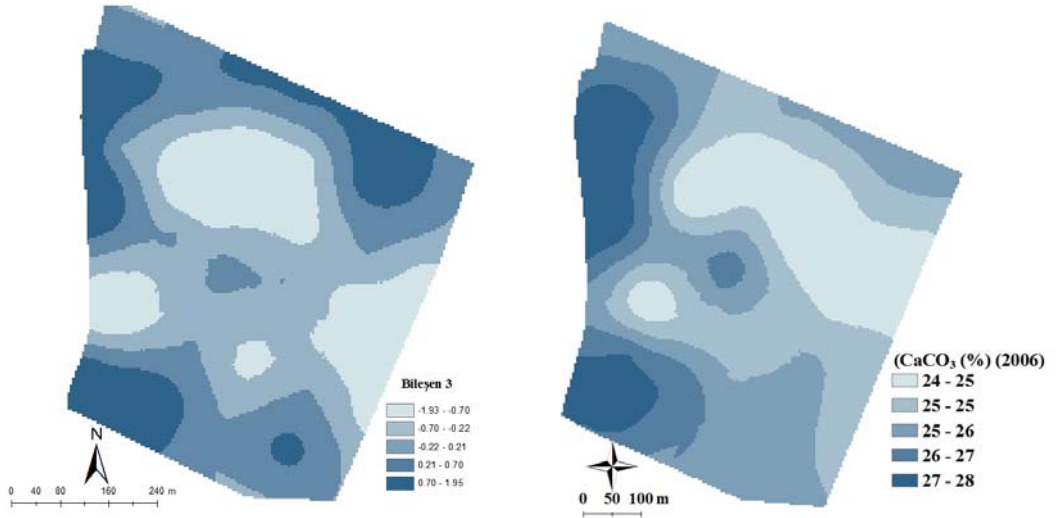


CaCO<sub>3</sub>- Anizotropik varyogram (45°)



Şekil 4.62 Bileşen 3 ve bileşeni oluşturan toprak özelliklerinin yarıvaryogram modelleri

Krigleme mekânsal dağılımlarına göre CaCO<sub>3</sub> ve üçüncü bileşen oldukça benzer bir yapı sergilemektedir (Şekil 4.63). Temel bileşenlerin anizotropi varyogram haritası EK 21’de görülmektedir.



Şekil 4.63 Bileşen 3 ve bileşeni oluşturan toprak özelliğinin krigleme dağılımları

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 5.1 Mekânsal Değişkenlik Yapısına Örnekleme Ölçeğinin Etkisi Konusunda Sonuç ve Öneriler

- 12,5 m, 25 m, 50 m ve 100 m örnekleme aralıklarının tanımlayıcı istatistiklerine göre, örnekleme alanı büyüdükçe varyans değerlerinin de arttığı görülmüştür. Örnekleme alanı büyüdükçe, birim alana düşen örnek sayısı azalmış ve buna bağlı olarak da varyans değeri artmıştır.
- Örnekleme aralığı arttıkça basıklık değerinde pozitif yönde bir azalma gözlenmiş, yani pik değeri etrafında fazla yüksek değer frekansları gözlenmemiştir. Ancak pH değerinde örnekleme aralığı ve alanı arttıkça basıklıkta pozitif yönde bir artma gözlenmiştir.
- Örnekler arası uzaklık arttıkça ve örneklenen alan büyüdükçe, artan varyansa bağlı olarak aK, kil, kum ve KDK'nın değişkenlik katsayıları yükselmiştir. Bu durum bünyedeki varyans ve değişkenlik katsayısının ölçek büyüdükçe arttığını göstermektedir.
- Jeostatistiksel modelleme sonucunda aP dışında toprak özelliklerinin mekânsal yapısının değişik azimut açılarında yönün bir fonksiyonu olarak değiştiği ve geometrik anizotrop bir davranış sergilediği gözlenmiştir. Kum, silt, kil, pH, KDK, OM'nin anizotropi oranları yüksek bulunurken, EC, aP, aK, CaCO<sub>3</sub> ve tN anizotropi oranları düşük bulunmuştur. Anizotropi oranı 0,85'den yüksek, yani düşük anizotropi derecesi olmasından dolayı EC ve aP izotrop varyogramla modellenebilir.
- En yüksek yapısal varyans  $4,4 \times 10^4$  ile tN'da, en düşük yapısal varyans  $6,4 \times 10^{-3}$  değeri ile pH'da gözlenirken; en yüksek kontrolsüz etki varyansı  $1,25 \times 10^4$  değeri ile tN'da, en düşük kontrolsüz etki varyansı ( $C_0$ )  $4,86 \times 10^{-4}$  değeri ile CaCO<sub>3</sub>' de belirlenmiştir.

- Anizotropik mekânsal bir yapı ve orta sınıf bir alansal bağımlılık gösteren tN'un, inceleme yapılan her iki yılda da Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu ve mekânsal yapı parametrelerinin değişmediği gözlenmiştir.
- Toprakta tN'un 2006 yılının I. örneklemesinde 200 m örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigleme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısının korunduğu gözlenmiştir.
- İzotropik mekânsal bir yapı ile ilk yıl orta, ikinci yıl ise yüksek bir alansal bağımlılık gösteren aP'nin, her iki yılda da küresel model eğrisi ile uyumlu olduğu ve mekânsal yapı parametrelerinin değişmediği gözlendiği halde, mısır ekimi yapılan bu tarım arazisinde her iki yılın krigleme yüzeyleri, çok düşük mobilizasyona sahip olan aP için benzerlik göstermemiş ve aP'un yüksek ve düşük olduğu alanlar, her iki yıl için farklılıklar göstermiştir.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren aK'un inceleme yapılan her iki yılda da Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu ve mekânsal yapı parametrelerinin değişmediği gözlenmiştir.
- Toprakta aK'un 2006 yılının I. örneklemesinde 200 m örnekleme aralığında aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigleme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısı korunmuştur.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve orta sınıf bir alansal bağımlılık gösteren OM'nin, inceleme yapılan her iki yılda da Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu ve mekânsal yapı parametrelerinin değişmediği gözlenmiştir.
- Toprak OM'nin 2006 yılında yapılan I. örneklemesinde 200 m örnekleme aralığında, aynı  $C_0$  ve  $C_0+C$  değerleri kullanılarak elde edilen krigleme yüzeylerinde mekânsal dağılım yapısı değişikliğe uğramamıştır.

- Toprak özelliklerinden EC'nin 2006 yılı örnekleme varyogram sonuçlarına göre tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre 2006 yılı I. örnekleme EC alansal bağımsız bir davranış göstermiştir; ancak diğer dönemlerde tam kontrolsüz etki varyansına rastlanmamıştır. Bu durum EC'nin alanda mekânsal ve zamansal olarak oldukça değişken bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. İkinci yılın II. örnekleme döneminde küresel model eğrisi ile uyumlu, anizotropik mekânsal bir yapı ve orta sınıf bir alansal bağımlılık gözlenmiştir. Toprakta EC'nin 2006 ve 2007 yılları arasındaki mekânsal yapı tutarsızlığı, bu toprak özelliğinin yağış, sulama, gübreleme buharlaşma gibi süreçlerin etkisi ile zamansal ve alansal oldukça değişken bir yapıya sahip olduğunu doğrulamaktadır.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren kumun Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.
- Toprak kum içeriği KDK, kil, OM ve aK dağılımlarına benzer bir mekânsal yapıda ancak zıt yönlerde değişmiştir. Bu durum kumun kil, KDK, OM ve aK ile zıt yönde mekânsal bir ilişkisi olduğunu göstermiştir.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren siltin Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Araziye en kısa uzaklıklarla değiştiği belirlenen siltin majör yapısal uzaklık değeri 245 m, minör yapısal uzaklık değeri 180 m olarak belirlenmiştir.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren kilin Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu bulunmuştur.
- Toprak kil içeriği KDK, aK, OM dağılımları ile aynı yönlerde, kum ile zıt yönde bir artma ve azalma göstermiş olup, bu durum kil ile kum arasında zıt yönde; kil ile KDK, OM, aK arasında aynı yönde mekânsal bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

- Anizotropik mekânsal bir yapı ve zayıf bir alansal bağımlılık gösteren pH Gauss model eğrisi ile uyumlu bulunmuştur.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren KDK'nın Gauss model eğrisi ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.
- Arazide KDK'nın aK, kil ve OM dağılımları ile aynı yönlerde artma ve azalma göstererek oldukça benzer bir mekânsal yapı gösterdiği gözlenmiştir. Toprakta KDK'nin mekânsal dağılım yapısını kil ve OM'nin kontrol ettiği düşünülmektedir.
- Anizotropik mekânsal bir yapı ve yüksek bir alansal bağımlılık gösteren CaCO<sub>3</sub>'ün üslü model eğrisi ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.
- Yapısal uzaklık örnekleme aralığını belirlemede en önemli varyogram parametresidir. Yapısal uzaklık, varyans değerinin belli bir noktada sabitlendiği, bir örnek noktasının diğer bir örnek noktası ile alansal ilişkili olduğu en uzun mesafedir. Yapısal uzaklıktan daha uzun mesafelerde örnekler arasında alansal önemli bir ilişki olmadığından, örnekleme aralığının yapısal uzaklıktan fazla olmaması gerekir. Çalışma alanında OM'nin majör yapısal uzaklığı 576 m ve minör yapısal uzaklığı 468 m ile en yüksek değerde iken, siltin majör yapısal uzaklığı 245 m ve minör yapısal uzaklığı 180 m ile en düşük değerde bulunmuştur. Toprak özelliklerinin farklı yapısal uzaklıklara sahip olması nedeniyle örnekleme planlaması yapılırken, toprak özelliklerinin yapısal uzaklıklarındaki bu değişkenlik de dikkate alınmalı, amaca göre toprak özelliği veya özelliklerinin mekânsal yapı parametreleri kullanılarak örnekleme aralığı tespit edilmelidir. Çünkü bir noktadan alınan bir örnekten onlarca toprak özelliği analizi yapılmakla beraber, tüm toprak özellikleri için ayrı ayrı örnekleme sistemi oluşturmak, hem ekonomik hem de iş gücü açısından oldukça zordur. Bu nedenle verim ve toprak özellikleri arasındaki mekânsal değişim ilişkileri incelenip, korelasyonu yüksek olan toprak özellikleri dikkate alınmalıdır. Gübreleme amaçlı uygulamalar için OM, tN, aP ve aK'un yapısal uzaklık



değerleri arasında en düşük olan kabul edilmelidir. Araştırma sahasında aP seviyelerinin, hasattan sonra önemli ölçüde azaldığı bölgelerin olduğu göz önünde bulundurulduğunda; mısır tarımı yapılan bu arazi için örnekleme aralığı seçiminde, toprak özelliklerinden yapısal uzaklığı en düşük olan aP'un değerlendirilmesi gerekir. Arazide her ik yılda da izotrop bir yapı gösteren aP'un, yapısal uzaklığının iki yılın ortalamasının yarısı olan (Kerry ve Oliver 2004) 176 m bu arazi için örnekleme aralığı olarak seçilebilir. Diğer toprak özelliklerinden tN, OM ve aK'un yapısal uzaklığı bu değer üzerinde olduğundan, aP için düzenlenen örnekleme sistemindeki örnekler tN, OM ve aK'un krigleme mekânsal dağılımlarını elde etmek için de uygun olmaktadır. Ancak kontrolsüz etki varyansının da etkisi dikkate alınmalıdır. İki varyogramın eşik değeri ve yapısal uzaklığı aynı olsa da yüksek  $C_0$  değeri, varyogram modellemesi yapılan örnek setinin aslında o toprak özelliği için çok da uygun aralıklarda alınmadığının bir göstergesidir.  $C_0$  değeri arttıkça örnek aralıklarından daha kısa mesafelerde bir değişim olmaktadır. Gübreleme amaçlı örnekleme yapılacağı düşünüldüğünde, bu örnek setinde varyogramlar arasında en yüksek  $C_0$  değerleri aP ve tN'da görülmüştür. Her iki toprak özelliğinin düşük  $C_0$  değerine ve yapısal uzaklığına sahip olanını seçmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Ancak araştırma alanında belirlenmiş olan örnekleme aralığını veren yapısal uzaklıkların, başka bir arazide ve diğer toprak tiplerinde farklılık gösterebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle Çukurova koşullarında, alüviyal bir arazide yapılmış olan bu araştırma sonuçlarının, başka bir bölgede ve başka bir toprak tipinde kullanılması yanıltıcı sonuçlar doğurabilir.

- Araştırmanın başlangıcında grid aralıkları 12,5 m, 25 m, 50 m ve 100 m olarak belirlenmişti. Ancak yapılan jeostatistiksel modelleme sonuçları toprak özelliklerinin tümünde yapısal uzaklığın 176 m'den fazla olduğunu göstermektedir. Araştırma kapsamında oluşturulmuş olan örnekleme düzeneği 200 m örnekleme aralığı ile çalışmaya uygun olduğundan, tN, aP, aK, OM ve EC toprak özelliklerinin 2006 ve 2007 yılı yarıvaryogram model parametrelerinin ortalaması kullanılarak 200 m örnekleme aralığında 14 adet örnek ile krigleme mekânsal dağılımları belirlenmiştir. Buna göre toprakta tN,

aK, OM ve EC'nin mekânsal dağılımını koruduğu ve kabul edilebilir krigleme yüzeylerinin oluştuğu gözlenmiştir. Arazi parçasının büyüklüğü, 200 m'den fazla aralıklarla örnekleme çalışması yapılmasına izin vermemektedir.

## 5.2 Toprak Özelliklerinin Mekânsal-Zamansal (Spatio-Temporal) Değişimleri Konusunda Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın bu bölümünde farklı dönemlerde yapılmış olan örnekleme sonuçlarına bağlı olarak bazı toprak özelliklerinin (tN, aP, aK, OM, EC) mekânsal dağılım yapılarında zaman içinde oluşan değişimler incelenmiştir. Bu çalışmadaki ana hedef mekânsal değişim bölgelerini ve değişim yönlerini ortaya koymak olmuştur. Çalışmada elde edilen bulguların ışığında mekânsal değişim nedenlerini açıklamak için, bitki-toprak ilişkilerinin de ele alındığı kapsamlı bir çalışma yapılması önerilebilir.

- Çalışma alanı bir tarım arazisi olmasına karşın, örnekleme dönemleri boyunca tN'un artma ve azalma yönü değişmemiştir. Nitekim tN için arazide dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber anizotropi yapısı ve yönünün korunduğu görülmüştür. Ancak yapılan uygulamalar ve dönemin koşullarına bağlı olarak tN içeriğinde mekânsal dağılım yapısı bozulmadan değişimler gözlenmiştir.
- Tarımsal uygulamaların yapılmadığı hasat sonundan bir sonraki yılın ekim başına kadar olan süreçte tN içeriğinde artma ve azalma bölgelerinin görülmesi arazide azotun dinamik yapısının önemli bir göstergesi olmuştur.
- Mekânsal yapı parametrelerinin değişmediği gözlemlendiği halde, mısır ekimi yapılan bu tarım arazisinde her iki yılın krigleme yüzeyleri, çok düşük mobilizasyona sahip olan aP için benzerlik göstermemiş ve aP'un yüksek ve düşük olduğu alanlar her iki yıl için farklı bulunmuştur.
- Toprakta aP içeriğinin, özellikle hasat sonu ve ekim öncesi dönemlerde 1–16 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerinde iken, gübreleme ve sulama sonrası dönemlerde bazı bölgelerde 30 mg kg<sup>-1</sup> seviyelerine kadar yükseldiği ve hasat sonrası bu seviyelerde keskin bir şekilde düşme olduğu gözlenmiştir.

- Tarımsal uygulamaların yapılmadığı, hasat sonundan bir sonraki yılın ekim başına kadar olan süreçte aslında oldukça immobil kabul edildiği halde, aP'un zaman içinde mekânsal yapısı bozulmadan bir değişime uğradığı belirlenmiştir.
- Çalışılan arazide aK'un mekânsal artma ve azalma yönü değişmemiş, tN ve aP'da olduğu gibi, aK'da da arazide dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber mekânsal dağılım yapısının korunduğu görülmüştür.
- Tarımsal uygulamaların yapılmadığı hasat sonundan bir sonraki yılın ekim başına kadar olan süreçte, aK'un zaman içinde mekânsal dağılım yapısı bozulmadan bir değişime uğradığı gözlenmiştir. Bu dönemsel raster oranlamada görülen artma ve azalmaların nedeni olarak iklim özellikleri, toprak sıcaklığı gibi etmenlere bağlı olarak  $K^+$  iyonunun kil, OM yüzeylerindeki iyon değişimiyle ilgili olabileceği düşünülmekle beraber, değişimin ayrıntılı açıklanabilmesi için toprak-bitki ilişkilerinin de dikkate alınacağı bir çalışmalar yürütülmelidir.
- Dinamik uygulamaların yürütüldüğü bir tarım arazisi olmasına karşın, çalışılan arazide OM'nin mekânsal artma ve azalma yönü değişmemiştir. Nitekim tN, aP, aK'da olduğu gibi arazide OM'de de dönemsel değişim bölgeleri olmakla beraber, mekânsal yapının korunduğu görülmüştür.
- Tarımsal uygulamaların yapılmadığı hasat sonundan bir sonraki yılın ekim başına kadar olan süreçte OM'nin zaman içinde mekânsal yapısı bozulmadan bir değişime uğradığı gözlenmiştir. Kil içeriğinin ve silt içeriğinin yüksek olduğu bazı alanlarda OM içeriği artarken, kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda OM içeriğinde düşme gözlenmiştir. OM içeriğinde gözlenen artış ve azalmalara etki eden önemli bir unsurun da, bir önceki hasat sonrası parçalanarak arazide bırakılan mısır artığı olduğu düşünülmüştür. Ancak kum içeriğinin yüksek olduğu alanlarda yağışların da etkisi ile  $NO_3$  kaybı ile bir azalma olabileceği dikkate alınmalıdır.

- Araştırma alanında EC'nin ekim öncesi örnekleme (I) döneminde 0,3-0,65 dS m<sup>-1</sup> arasında ve hasat sonrası örnekleme döneminde (IV) 0,3-0,9 dS m<sup>-1</sup> arasında zararsız seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Ancak taban gübresi ve üst gübre uygulama sonrasındaki örneklemelemlerde, özellikle II. dönem örneklemesinde, bazı bölgelerde EC seviyelerinde 4,9–7,9 dS m<sup>-1</sup> arasında bir yükselme gözlenmiştir. Bu ani yükselmelerin mısır tarımı yapılan bu arazide diğer iç ve dış faktörler yanında yapılan gübreleme ve sulama uygulamasının da bir yansıması olduğu düşünülmektedir.
- Toprak özelliklerinden EC'nin 2006 yılı örnekleme varyogram sonuçlarına göre tam kontrolsüz etki varyansı (pure nugget) gözlenmiştir. EC gerek zaman ve gerekse mekânda arazideki uygulamalar, iklim özellikleri gibi birçok faktörün etkisi ile ani değişimler gösterebilmektedir. Bu nedenlerin etkisi ile de dönemler arasında belirgin bir mekânsal dağılım yapısı gözlenmediğinden, EC'nin zamansal ve mekânsal değişimlerini incelemenin sağlıklı sonuçlar vermeyebileceği düşünülmektedir.

Bu bölümde yapılan çalışmaların bazı toprak özelliklerinin zaman içindeki mekânsal dağılım yapılarında, durağanlık veya değişkenlik olduğunun belirlenmesi alana özgü arazi işletiminde önemli faydalar sağlamakta, gübre kullanımında hem ekonomik hem de çevre dostu uygulamaları olanaklı kılmaktadır. Nitekim araştırma kapsamında bulunan bazı sonuçların ileriki dönemlerdeki işletim planlamasında önemli bilgiler sağladığı düşünülmektedir. Bu bulgu ile gelecekte arazide yapılması olası çalışmalar için, özellikle de değişken oranlı uygulamalar kapsamında belirlenen işletim zonlarının oluşturulması daha düşük örnek sayısı ile sağlanabilecektir. Ürün verimi ve topraktaki BBM içerikleri, gübre uygulama miktar ve planları, sulama koşulları ve dönemleri ve iklim koşulları da ele alındığında arazi için agronomik değerlendirmelerin yapılabileceği düşünülmektedir.

### 5.3 Çok-Değişkenli (Multivariate) Analizler Konusunda Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın bu bölümünde benzer ve farklı mekânsal yapı davranışı gösteren toprak özellikleri araştırılmaya ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında toprak özelliklerinin tamamı 2006 yılının I. dönem toprak örneklemeinde değerlendirilmiştir. Toprak özelliklerinin temel bileşen analizi bu nedenle bu örnekleme dönemi için yapılmış ve toprak özellikleri katkı sağladıkları bileşenlere göre gruplandırılmıştır.

- Toprakta tN, aP, aK, OM, kil ve KDK kendi aralarında pozitif ( $P<0,01$ ) önemli bir ilişki gösterirken, bu grup kum,  $\text{CaCO}_3$  ve pH ile negatif ( $P<0,01$ ) önemli bir ilişki göstermiştir. Toprakta  $\text{CaCO}_3$ , kum ve pH diğer toprak özellikleri ile negatif ( $P<0,01$ ) önemli bir ilişki gösterirken, birbirleri ile pozitif ( $P<0,05$ ) önemli bir ilişki sergilemiştir. Kil, aK ve KDK arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki gözlenirken, bu grup ile kum arasında negatif yönde kuvvetli bir ilişki gözlenmiştir.
- Toprakta bileşen gruplarında alınabilir K'un % 94 oranında, kumun % 93, kilin % 92 ve ardından KDK'nın % 88 oranında temsil edilebilir olduğu belirlenmiştir.
- Temel bileşen analizinde birinci bileşen % 50 toplam varyansla, aK, kil, KDK, OM ve tN ile yüksek oranlarda temsil edilmekte olup, bu grup kum ile de yüksek negatif bir ilişki göstermiştir. Birinci bileşenin korelasyon gösterdiği toprak özelliklerinden yola çıkarak toprak verimliliğini temsil ettiği söylenebilir. EC ve aP pozitif bir korelasyonla ve bu iki toprak özelliği silt,  $\text{CaCO}_3$  ve pH ile negatif bir korelasyonla, % 18 değerinde eklenik varyans değeri ile ikinci bileşeni temsil ettiği gözlenmiştir. İkinci bileşenin ise toprak fiziksel özelliklerini temsil ettiği söylenebilir. Üçüncü bileşen sadece % 7 eklenik varyans  $\text{CaCO}_3$  ile temsil edilmekle beraber ikinci bileşen içinde de değerlendirilebileceği öngörülmüştür.

- Bileşenlerin örnek noktalarının varyans yüklerinin jeostatistiksel modellemesi yapılmış ve birinci bileşen anizotropik bir yapı ile Gauss varyogram modeline uyum gösterirken majör yapısal uzaklığı 465 m, minör yapısal uzaklığı 366 m olarak tespit edilmiştir. Birinci bileşeni temsil eden toprak özelliklerinden tN, aK, kil, kum, OM, KDK'nın birinci bileşen gibi anizotropik bir yapı göstererek Gauss varyogram modeli ile uyum gösterdiği, majör ve minör yapısal uzaklıklarının benzer şekilde birbirine yakın değerler arasında değiştiği gözlenmiştir. Birinci bileşen ve bu bileşeni temsil eden toprak özelliklerinden aK, kil, kum, KDK yüksek alansal bağımlılık gösterirken, bu bileşende yer alan OM ve tN orta sınıf bir alansal bağımlılık yapısı göstermiştir.
- Birinci bileşenin varyans yüklerinin krigleme yüzeyleri ve bileşeni temsil eden toprak özellikleri karşılaştırıldığında, mekânsal dağılım yapıları açısından da tN, aK, kil, OM, KDK ve kum 1. bileşenin mekânsal dağılımı benzer bir yapı göstermiştir. Yarıvaryogram modelleri ve krigleme yüzeyleri ışığında bu arazide birinci bileşende yer alan toprak özellikleri arasında ko-krigleme yapılabileceği görülmüştür.
- İkinci bileşen anizotropik bir yapı göstererek Gauss varyogram modeli ile en iyi uyumu sağlarken, majör yapısal uzaklığı 351 m ve minör yapısal uzaklığı 334 m olarak belirlenmiştir. Toprak özelliklerinden aP, pH ve serbest karbonatların (kireç) yapısal uzaklıkları da ikinci bileşen yapısal uzaklığına yakın değerler arasında değişmektedir. Toprak özelliklerinden silt ve pH, ikinci bileşen gibi Gauss yarıvaryogram modeline uyum gösterirken, aP küresel varyogram modeli ile en iyi uyumu sağlamıştır. Tüm toprak özellikleri içinde siltin düşük yapısal uzaklıklarda değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Serbest karbonatların üçüncü bileşen ile benzer mekânsal dağılım yapısı gösterdiği gibi ikinci bileşen içerisinde de değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Toprak özelliklerinden EC temel bileşen analizi sonuçlarına göre bu grupta yer alsa da, bu toprak özelliğinde tam kontrolsüz etki varyansı gözlenmiştir.
- İkinci bileşen ve bu bileşeni oluşturan krigleme mekânsal dağılımlarına göre ikinci bileşenin silt ve pH ile benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Bu bileşene olan

katkı oranları açısından her ne kadar aP ve EC bu bileşende yer alsada krigleme mekânsal dağılımları açısından tam bir benzerlik gözlenememiştir.

- Toprak özelliklerinden  $\text{CaCO}_3$  ise anizotrop mekânsal bir davranış gösteren üçüncü bileşenin üslü yarıvaryogram modeli ile uyumlu olduğu gibi, bileşenlere olan katkı oranları itibarı ile ikinci bileşen içinde de değerlendirilebilir. Ancak krigleme mekânsal dağılımlarına göre  $\text{CaCO}_3$  ve üçüncü bileşen oldukça benzer bir yapı sergilemiştir.

Bu araştırma Çukurova'da alüviyal bir tarım arazisinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar bu arazi koşullarını temsil etmektedir. Arazide 200 m örnekleme aralığı ve 14 örnek ile, bölüm 4.1.2 de her toprak özelliği için belirlenmiş olan varyogram parametreleri kullanılarak oluşturulmuş olan krigleme yüzeylerinin mekânsal dağılım özelliklerinin değişmediği görülmüştür. Bu durumda 260 örnek ile belirlenmiş olan mekânsal yapı parametreleri kullanılarak 14 örnekle araziye temsil edebilecek yüzeyler elde edilebildiğini göstermiştir. Ancak farklı arazilerdeki toprak özellikleri için kullanılacak en uygun örnekleme uzaklığını belirlemek için, bu araştırma sonuçları ile bir genellemeye gitmek doğru bir yaklaşım değildir. Farklı toprak gruplarında, farklı coğrafya ve iklim koşullarında, farklı ürünlerin yetiştirildiği tarım arazilerinde de benzer araştırmaların yapılması ve bitkideki BBM ve verimlilikle ilişkili diğer özelliklerin de değerlendirilmesi sonucunda oluşabilecek bir ulusal veritabanı ile bir genelleme yapılmasının sağlıklı olabileceği düşünülmektedir. Elde olunan sonuçlar, toprak verimliliği göstergelerinin yere ve zamana bağlı değişimlerinin, jeostatistiksel yöntemlerle önemli ölçüde izlenebileceğini ve bu yolla, emek, zaman, harcama konularında ciddi azalmalar sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

## KAYNAKLAR

- Andronikov, S., Davidson, D. and Spiers, R. 2000. Variability in contamination by heavy metals: sampling implications. *Water, Air and Soil Pollution*, 120; 29–45.
- Andy, F. 2005. *Discovering statistics using SPSS*, SAGE publications, 806 p, London.
- Ardahanlıoğlu, O., Öztas, T., Evren, S., Yılmaz, H. and Yıldırım, Z.N. 2003. Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron content in salt- and sodium-affected areas of the Iğdır plain (Turkey). *Journal of Arid Environments*, 54; 495–503.
- Atkinson, P.M. 1996. Optimal sampling strategies for raster-based geographical information systems. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 5; 271-280.
- Aydemir, O. 1993. Toprak verimliliği. Atatürk Üni. Zir. Fak. Ders Kitabı, Erzurum.
- Baldwin, J.P. 1975. Quantitative analysis of the factors affecting plant nutrient uptake from some soils. *Journal of Soil Science*, 26; 195–206.
- Başaran, M., Özcan, A.U., Erpul, G. and Çanga, M.R. 2006. Spatial variability of organic matter and some soil properties of mineral topsoil in Çankırı İndağı Blackpine (*Pinus nigra*) plantation region. *Journal of Applied Sciences*, 6(2); 445–452.
- Başkan, O. 2004. Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik- fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi FBE Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Başkan, O. and Dengiz, O. 2008. Comparison of traditional and geostatistical methods to estimate soil erodibility factor. *Arid Land Research and Management*, 22; 29–45.
- Baxter, S.J. and Oliver, M.A. 2005. The spatial prediction of soil mineral N and potentially available N using elevation. *Geoderma*; 128; 325–339.
- Bayramın, İ., Başaran, M., Erpul, G. and Çanga, M.R. 2007. Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. *Environ. Monit. Ases.*, 140; 249-265.
- Beckett, P.H.T. and Webster, R. 1971. Soil variability: A review. *Soil Fertil.*, 34; 1-15.
- Berry, J. 2008. So where is precision ag? A brief history, current expression and future directions. *Proceedings of 9th International Conference on Precision Agriculture*. 263–282 p, Colorado.
- Beven, K.J. and Quinn, P.F. 1993. Spatial and temporal predictions of soil moisture dynamics, runoff variable source areas and evapotranspiration for Plynlimon. Mid-Wales. *Hydrological Processes*, 7; 425–448.
- Blackmore, B.S., Wheeler, P.N., Morris, R.M., Morris, J. and Jones, R.J.A. 1994. The role of precision farming in sustainable agriculture: a European perspective.



- Proceedings of the 2nd International Conference of Precision Agriculture, 17–25 p, Minneapolis, USA.
- Blackmore, S. 2000. Developing the principles of precision farming. Proceedings of the ICETS 2000, 11-13 p, Beijing, China.
- Blackmore, S., Godwin, R. and Fountas, S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering*, 84 (4); 455–466.
- Bower, C.A., Reitmeir, R.F. and Fireman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci*, 73; 251–261.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen in: methods of soil analysis. Amer. Soc. Agr. Inc., 1149–1176 p, Wisconsin.
- Brohi, A.R., Aydeniz, A. ve Karaman, R. 1997. Toprak verimliliği. THK Basımevi, Ankara.
- Brouder, S., Hoffman, B. and Reetz, H.F. 2003. Evaluating spatial variability of soil parameters for input management. *Better Crops*, 85(2); 116-123.
- Burden, D.S. and Selim, H.M. 1989. Correlation of spatially variable soil water retention for a surface soil. *Soil Science*, 148(6); 436–447.
- Buttafuoco, G., Castrignano, A., Busoni, E. and Dimase, A.C. 2005. Studying the spatial structure evolution of soil water content using multivariate geostatistics. *Journal of Hydrology*. 311; 202–218.
- Cabrera, M.L., Kissel, D.E. and Vigil, M.F. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues. *J. Environ. Qual.* 34; 75–79.
- Cahn, M.D., Hummel, J.W. and Brouer, B.H. 1994. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Science Society of America Journal*, 58; 1240–1248.
- Chauvet, P. 1982. Variogram cloud. Proceedings of the 17th APC1M Symposium, 757-764 p, Colorado.
- Camberdella, 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 of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58 (5); 1501-1511.
- Chien, Y.J., Lee D.Y., Guo H.Y. and Houng, K.H. 1997. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. *Soil Sci.*, 162; 291–298.
- Clark, I. 1979. *Practical geostatistics*, Applied Science Publishers, London.
- Clark, I. 2001. *Practical geostatistics*. On-line book, <http://uk.geocities.com/drisobelclark/practica.html>. Erişim Tarihi: 13 Mayıs 2009.
- Çağlar, K.Ö. 1958. *Toprak ilmi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Delhomme, J.P. 1978. Kriging in the hydrosciences. *Advances in Water Resources*, 1; 251–266.

- Delin, S. 2005. Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available soil nitrogen and water. Potential for prediction based on soil characteristics. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Faculty, Sweden.
- Domburg, P., Gruijter, J.J. and Van Beek, P. 1997. Designing efficient soil survey schemes with a knowledge-based system using dynamic programming. *Geoderma*, 75, (3-4); 183-201.
- 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. and Brohi, A.R. 2005. Spatial variation of soil water content in topsoil and subsoil of a Typic Ustifluent. *Agricultural Water Management*, 83 (2); 79-86.
- Everett, M.W. and Pierce, F.J. 1996. Variability of corn yield and soil profile nitrates in relation to site-specific N management. *Precision Agriculture Proceedings of the 3rd International Conference*, 43-53 p, Madison, WI.
- Gajem, Y.M., Warrick, A.W. and Myers., D.E. 1981. Spatial dependence of physical properties of a Typic Torrifluent. *Soil Science Society of America J.*, 45; 709-715.
- Goovaerts, P. 1994. Study of spatial relationships between two sets of variables using multivariate geostatistics. *Geoderma*, 62; 93-107.
- Goovaerts, P. 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. Oxford Univ. Press, 483 p, NewYork.
- Goovaerts, P. 1998. Accounting for estimation optimality criteria in simulated annealing. *Mathematical Geology*, 30(5); 511-533.
- Groenigen, J.W.Van, Siderius, W., Stein., A. 1999. Constrained optimisation of soil sampling for minimisation of the kriging variance. *Geoderma*, 87(3-4); 239-259.
- Güçdemir, İ., Türker, U., Karabulut, A., Arcak, Ç., Karuç. ve K., Gedikoğlu, İ. 2004. Hassas tarım teknikleri kullanılarak hububat ekim alanlarında verime etki eden değişkenliklerin belirlenmesi. *Tübitak Araştırma Projesi*, 103 s. Ankara.
- Güçdemir, İ., Türker, U., Karabulut, A., Arcak, Ç., Sönmez, B., Usul, M., Bozkurt, M. ve Erbilek, E. 2006. Çukurova'da sulu mısır tarımında uydu ve bilgi teknolojileri destekli alana özgü değişken oranlı gübre uygulaması ve işletimi, *Tübitak Araştırma Projesi*. 148 s. Ankara.
- Güçdemir, İ., Türker, U., Karabulut, A., Arcak, Ç., Usul, M. ve Bozkurt, M. 2008. Çukurova'da mısır tarımında hassas tarım teknikleri kullanarak değişken oranlı gübre uygulamaları. *IV. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi*, 116-125 s, Konya.
- Gündoğdu, S.K. and Aslan, T.A., 2008. Mapping multi-year ground water salinity patterns in irrigation areas using time-series analysis of ground water salinity maps. *Hydrological Processes*, 22; 821-826.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. 2004. *Bitki besleme ve gübreleme*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı: 492 s, Ankara.

- Han, J. and Frost, J.D. 1996. Surficial stability of compacted clay: case study discussion. *Journal of Geotechnical Engineering*, 122 (3); 247–248.
- Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size. *Computers & Geosciences*, 32; 1283–1298.
- Haneklaus, S., Paulsen, H.M., Schroeder, D., Leopold, U. and Schnug, E. 1997. Self-surveying - A strategy for efficient mapping of the spatial variability of time constant soil parameters. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29 (11); 1593–1601.
- Hoskinson, R.L., Hess, J.R. and Alessi, R.S. 1999. Temporal changes in the spatial variability of soil nutrients. *Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture*. 120–133 p, Denmark.
- 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.
- Jagadamma, S., Lal, R., Hoef, R.G., Nafziger, E.D., Adee and E.A. 2008. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their relationship to crop yield in the central corn belt, USA. *Tillage Research*, 98; 120-129.
- Jaynes, D.B. 1996. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. *Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture*, 169–179 p, Madison.
- Jiang, Y., Li, Q. and Liang, W. 2006. Spatiotemporal variability of soil organic matter, phosphorus, and potassium in cultivated fields of Southern Shenyang, China. *Agricultural Journal*, 1(3); 149–155.
- Joanes, D.N. and Gill, C.A. 1998. Comparing measures of sample skewness and kurtosis. *Journal of the Royal Statistical Society The Statistician*, 47 (1); 183–189.
- Journel, A.G. and Huijbregts, C.H.J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, 600 p., London.
- Kaiser, H.F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23; p.187–200.
- Karabulut, A., Türker, U., Güçdemir, İ. and Arcaç, Ç. 2008. A geostatistical investigation on spatial variability of soil phosphorus and wheat yield in semi-arid Central Anatolia. *The 6th International Symposium Agro-Environ*, 558-566 p, Antalya.
- Karaçal, İ. 1993. *Toprak verimliliği*, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı.
- Kerry, R. and Oliver, M.A. 2004. Average variograms to guide soil sampling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5; 307–325.
- Kerry, R. and Oliver, M.A. 2007. Comparing sampling needs for variograms of soil properties computed by the method of moments and residual maximum likelihood. *Geoderma*, 140; 383–396.

- Keyes, D., Cannon, K. and Kryzanowski, L. 2000. Spatial relationships between soil fertility parameters and ecological landforms. Proceedings of the 36th Annual Alberta Soil Science Workshop, Calgary, Alberta.
- Kristensen, I.S., Halberg, N., Nielsen, A.H., Dalgaard, R. and Hutchings, N. 2003. N-turnover on Danish mixed dairy farms, 1–21p. Erişim Tarihi:12.02.2008. [http://www.agrsci.dk/jbs/isk/DK\\_country\\_report\\_part II](http://www.agrsci.dk/jbs/isk/DK_country_report_part II).
- Larocque, G., Dutilleul, P., Pelletier, B. and Fyles, J.F. 2006. Conditional Gauss co-simulation of regionalized components of soil variation. *Geoderma* 134; 1–16.
- Laslett, G.M., Mcbratney, A.B., Pahl, P.J. and Hutchinson, M.F. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. *Soil Sci.* 38; 325–41.
- Li, Y., Shi, Z., Wu, C.F., Li, H.Y. and Li, F. 2007. Improved prediction and reduction of sampling density for soil salinity by different geostatistical methods. *Agricultural Sciences in China*, 6 (7); 832–841.
- Liu, D., Wang, Z., Zhang, B., Song, K., Li, X., Li, J., Li, F. and Duan, H. 2006. Spatial distribution of soil organic carbon and analysis of related factors in croplands of the black soil region, Northeast China *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113 (1-4); 73-81.
- Lopez-Granados F., Jurado-Ekspósito, M., Atenciano, S., Garcia-Ferrer, A., Sanchez, M. and Garcia-Torres, A. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in Southern Spain. *Plant and Soil*, 246; 97–105.
- Lund, E.D., Christy, C.D. and Drummond, P.E. 1999. Practical applications of soil EC mapping. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture, 1–9 p, Denmark.
- Mamo, M., Malzer, G.L., Mulla, D.J., Huggins, D.R. and Strock, J. 2003. Spatial and temporal variation in economically optimum nitrogen rate for Corn. *Agronomy Journal*, 95; 958–964.
- Mandelbrot, B. and Hudson, R.L. 2004. The (mis)behaviour of markets: a fractal view of risk, ruin and reward, Basic Books, 318 p, N.Y.
- Manlaya, R.J., Cadeta, P., Thioulouse, J. and Chotte, J.L. 2000. Relationships between abiotic and biotic soil properties during fallow periods in the sudanian zone of Senegal. *Applied Soil Ecology*, 14; 89–101.
- Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. *Economic Geology*, 58; 1246–1266.
- Mausbach, J., Brasher, B.R., Yeck, R.D. and Nettleton, W.D. 1980. Variability of measured properties in morphologically matched pedons. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 44; 358-363.
- McBratney, A.B. and Webster, R. 1981. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalised variables. *Computers and Geosciences*, 7; 335–365.
- McBratney, A.B. and Pringle, M.J. 1997. Spatial variability of soil: Implications for precision agriculture. Proceedings of the Precision Agriculture '97, 1, 3–31 p, Oxford, UK.

- 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.
- Mulla, D.J. 1988. Estimating spatial patterns in water content, matric suction, and hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52; 1547-1553.
- Mulla, D. J. and McBratney, A.B. 2000. Soil spatial variability. *Handbook of Soil Science*, CRC Press, FL.
- Muller, T.G., Wells, K.L., Thomas, G.W., Barnhisel, R.I., Hartsock, N.J., Shearer, S.A., Kumar, A. and Dillon, C.R. 2004. Soil fertility map quality: Case studies in Kentucky. *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*, 4-19 s, Madison, WI.
- Nash, M.H. and Daugherty, L.A. 1990. Statistical comparison of soil map-unit boundaries. *Soil Science Society of America Journal*, 54; 1677-1681.
- Oliver, M.A. and Webster, R. 1991. How geostatistics can help you? *Soil Use and Management*, 7(4); 206–217.
- Oliver, M.A. 1999. Exploring soil spatial variation geostatistically. *Proceedings of the Precision Agriculture '99*, 1, 3–17, UK.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanebe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular*, Washington DC.
- Ortega, R.A., Westfall, D.G., Gangloff, W.J. and Peterson, G.A. 1999. Multivariate approach to N and P recommendations in variable rate fertilizer applications. *Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture*, 387–396 p, Denmark.
- Ortega, R.A. and Oscar, A.S. 2007. Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility, *Computers and Electronics in Agriculture*, 58; 49–59.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. 1993. *Toprak bilimi kitabı*, Yayın No: 73, Çukurova Üni. Ziraat Fak Ders Kitapları, 77–119 s, Adana.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulaması. *İ. Akalan Toprak ve Çevre Semp. I*; 271–280, Ankara.
- Pierce, F. J. and Gaye Burpee, C. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Soil and Tillage Research*, 35 (3);135–146.
- Pierce, F.J. and Nowak, P. 1999. Aspects of precision agriculture. *Advances in Agronomy*, 67; 1–85.
- Pierce, F.J. and Warncke, D.D. 2000. Soil and crop response to variable-rate liming in two Michigan fields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64; 774–780.
- Pierce, F.J. and Nowak, P. 2002. Precision agriculture. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology*, McGraw-Hill, New York.

- Pocknee, B., Boydell, C., Gren, H.M., Waters, D.J and Kvien, C.K. 1996. Directed soil sampling. Precision Agriculture Proceedings of the 3rd International Conference, 59–168 p, Madison, WI.
- Pokrajac, D., Hoskinson, R., Lazarevic, A. and Obradovic, Z. 2002. Spatial-temporal techniques for prediction and compression of soil fertility data. Proceedings of the Sixth International Conference on Precision Agriculture and other Precision Resource Management. 234–245 p, Minneapolis.
- Rendu, J.M., 1980. Kriging for ore valuation and mine planning. Engineering and Mining Journal, 20; 114–120.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements saline and alkali soils, U.S. Dep. Agr. Handbook, No. 60, USA.
- Rhoades, J.D. 1986. Methods of soil analysis, Part II, 149–157 p.
- Rotenberg, D., Cooperbanda, L. and Stoneb, A. 2005. Dynamic relationships between soil properties and foliar disease as affected by annual additions of organic amendment to a sandy-soil vegetable production system. Soil Biology and Biochemistry, 37; 1343–1357.
- Russo, D. and Jury, W.A. 1987. A theoretical study of the estimation of the correlation scale in spatially variables field. Water Resources Research, 23; 1257–1268.
- Sağlam, M., 2008. Gökhöyük Tarım İşletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Z.F. Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Sena, M.M., Frighetto, R.T.S., Valarini, P.J., Tokeshi, H. and Poppi, R.J. 2002. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. Soil & Tillage Research, 67; 171–181.
- Shahandeh, H., Wright, A.L., Hons, F.M. and Lascano, R. J. 2005. Spatial and temporal variation of soil nitrogen parameters related to soil texture and corn yield. Agronomy Journal, 97; 772–782.
- Shlens, J. 2005. A tutorial on principal component analysis., University of California (Institute for Nonlinear Science) publications, 13 s, California.
- Sönmez, İ. ve Sönmez, S. 2008. Tuzluluk ve gübreleme arasındaki ilişkiler, [www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/ekaynak/ts012.pdf](http://www.akdeniz.edu.tr/ziraat/tr/ekaynak/ts012.pdf). Erişim Tarihi: 05.04.2008.
- Spain, A.V. 1983. Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian rainforest soils. Australian Journal of Soil Research 28(6); 825 – 839.
- Štípek K. 2003: Spatial and temporal variability of soil available P, K and Mg and soil pH. Ph. D. Thesis. Czech University of Agriculture in Prague, Czech Republic.
- Štípek, K., Vaněk, V., Száková, J., Černý, J. and Šilha, J. 2004. Temporal variability of available phosphorus, potassium and magnesium in arable soil. Plant Soil Environ., 50, 2004 (12); 547–551.

- Sun, B., Zhou, S. and Zhao, O. 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.
- Tercan, A.E., Saraç, C. 1998. Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler, JMO yayınları, No: 48, Ankara.
- Trangmar, B.B., Yost, R.S. and Uehara, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.*, 38; 45–93.
- Turgut, B., 2008. Toprak penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Erzurum.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 1974. *FAO/UNESCO Soil map of the world, 1:5,000,000 Vol. 1*, Paris.
- USDA. 2003. *Soil taxonomy. Agriculture handbook. Soil Conservation Service, Washington D.C.*
- Usta, S. 1995. *Toprak kimyası. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 1387, Ders kitabı, 217 s, Ankara.*
- Usta, D. ve Beyazççek, H. 2006. Adana ilinin jeolojisi, MTA-Doğu Akdeniz Blg. Mdr., [http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/adana/pdf\\_doc/adanaJEO%5B1%5D.pdf](http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/adana/pdf_doc/adanaJEO%5B1%5D.pdf) Erişim Tarihi:17.04.2009.
- Uzunoğlu, S. 1992. *Toprak bünyesi ve analiz metotları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, No:184, 19 s, Ankara.*
- Vauclin, M., Vieira, S.R., Vachaud, G. and Nielsen, D.R. 1983. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47; 175–84.
- Van Lierlop, W. 1990. Soil pH and lime requirement. *Soil testing and plant analysis. 73–126 p, Madison.*
- Velemis, D., Almaliotis, D., Bladenopoulou, S. and Karapetsas, N. 1998. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a50/04002037.pdf>. Erişim Tarihi: Mayıs 2009.
- Vitharana, U.W.A., Van Meirvenne, M., Cockx, L. and Bourgeois, J. 2006. Identifying potential management zones in a layered soil using several sources of ancillary information. *Soil Use and Management*, 22; 405–413.
- Wackernagel, H. 1998. *Multivariate geostatistics: An introduction with applications. Springer, 291, Berlin.*
- Wackernagel, H. 2002. *Multivariate geostatistics, Springer, 387 p, Berlin.*
- Warrick, W. and Myers, D. E. 1987. Calculations of error variances with standardized variograms, *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 51; 265–268.
- Webster, R. and Cuanalo, C.H.E. 1975. Soil transect correlograms of North Oxfordshire and their interpretation. *Soil Sci.*, 26; 176–94.
- Webster R. and Oliver M.A. 1990. *Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press, 328 p, Oxford.*

- Webster, R. 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European J. Soil Sci.*, 52; 331-340.
- Webster, R. and Oliver, M. 2001. *Geostatistics for environmental scientists*, John Wiley & Sons publications, 271 p, England.
- Whelan, B.M., McBratney, A.B. and Laslett, G.M. 1994. Reconciling crop growth and continuous soil variation. *Transactions of the 15th World Congress of Soil Science*, 7b, 99–100 p, Acapulco, Mexico.
- Whelan, B.M., McBratney, A.B. and Rossel, R.A. 1996. Spatial prediction for precision agriculture. *Precision Agriculture Proceedings of the 3rd International Conference*, 331–342, Madison, WI.
- Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: It's documentation, accomodation and implications to soil surveys. *Proceedings of a workshop of the ISSS and the SSSA. Centre for Agricultural Publishing and Documentation*, 166–189 p, Wageningen, The Netherlands.
- Wollenhaupt, N.C., Wolkowski, R.P. and Clayton, M.K. 1994. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. *J. Prod. Agric.*, 7; 441–448.
- Youden, W. J. and Mehlich, A. 1937. Selection of efficient methods for soil sampling, *Contr. Boyce Thompson Inst. for Plant Res.*, 9; 59–70.
- Zak, D.R., Host, G.E. and Pregitzer, K.S. 1989. Regional variability in nitrogen mineralization, nitrification, and overstory biomass in northern Lower Michigan. *Can. J. For. Res.*, 19; 1521-1526.
- Zhang, X.Y., Sui, Y.Y., Zhang, X.D., Meng, K. and Herbert, S.J. 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China. *Pedosphere*, 17(1); 19–29.
- Zhang, C., Wu, L., Luo, Y., Zhang, H. and Christie, P. 2008. Identifying source of soil inorganic pollutants on a regional scale using multivariate statistical approach: Role of pollutant migration and soil physicochemical properties. *Environmental Pollution*, 151; 470–476.



## EKLER

EK 1	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2007–2008 yılına ait meteorolojik değerler .....	178
EK 2	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2006–2007 yılına ait meteorolojik değerler .....	179
EK 3	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2005–2006 yılına ait meteorolojik değerler .....	180
EK 4	Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık iklim değerleri (1950–2008) .....	181
EK 5	2006 yılı I. örnekleme dönemi 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	182
EK 5	2006 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	183
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	184
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	185
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	186
EK 6	2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	187
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	188
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	189
EK 7	2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	190
EK 8	2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları. ....	191
EK 8	2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	192
EK 9	2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları.....	193
EK 9	2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	194
EK 10	2006 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları	195
EK 11	2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları.	196
EK 11	2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	197
EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	198

EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	199
EK 12	2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	200
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	201
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	202
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	203
EK 13	2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	204
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları.....	205
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	206
EK 14	2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	207
EK 15	2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları .....	208
EK 15	2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	209
EK 16	2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları.	210
EK 16	2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	211
EK 17	2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları	212
EK 17	2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı) .....	213
EK 18	Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2006) .....	214
EK 19	Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2007) .....	215
EK 20	Toprak özelliklerinin 200 m örnekleme aralığında krigleme mekânsal dağılımları .....	216
EK 21	Temel bileşenlerin (bileşen 1, bileşen 2, bileşen 3) varyogram haritaları .....	217

EK 1 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2007–2008 yılına ait meteorolojik değerler

Meteorolojik Elemanlar			AYLAR											Yıllık	
			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX
SICAKLIK °C	Hava	Ortalama	22,2	14,0	8,5	5,4	8,9	15,7	18,3	20,1	24,3	27,5	28,6	25,6	18,3
		Maks. Ekstrem	36,8	26,8	18,0	16,8	23,0	30,8	36,8	32,0	34,9	34,0	41,0	34,8	41,0
		Min. Ekstrem	9,0	2,6	-2,0	-5,0	-1,4	3,8	7,8	9,3	14,0	20,2	21,2	17,2	-5,0
		Toprak Üstü Min. Ekst.	6,0	0,0	-4,0	-8,0	-4,5	2,0	5,0	8,5	11,5	15,0	21,0	10,0	-8,0
	Toprak	5 cm'de Ortalama	22,0	15,0	10,1	8,6	10,1	13,9	19,1	24,1	28,9	32,1	32,1	28,2	20,4
		10 cm'de Ortalama	22,2	15,3	10,6	8,9	10,2	14,0	18,8	23,6	27,9	31,0	31,2	28,0	20,1
		20 cm'de Ortalama	22,3	16,0	11,2	9,4	10,3	13,6	18,1	22,6	26,7	29,8	30,2	27,4	19,8
Yağış (mm)		3,5	67,5	123,7	22,7	51,6	19,4	3,4	8,5	0,5	0,0	10,1	13,4	324,3	
Yağışlı Gün Sayısı (gün)		2	7	10	6	4	3	2	6	1	0	1	3	45,0	
Buharlaşma (mm)		117,6	60,2	40,4	53,7	61,1	112,6	135,7	152,2	180,5	199,7	190,7	142,6	1.447,0	
Ortalama Nisbi Nem (%)		64,2	65,0	72,2	70,9	71,5	72,0	71,9	71,0	71,7	75,6	75,7	69,1	70,9	

EK 2 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2006–2007 yılına ait meteorolojik değerler

Meteorolojik Elemanlar			AYLAR											Yıllık	
			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX
SICAKLIK °C	Hava	Ortalama	21,6	13,1	8,9	8,3	10,6	14,9	16,4	23,8	26,6	27,4	28,8	24,9	18,8
		Maks. Ekstrem	32,8	23,6	21,4	21,9	23,0	27,9	30,4	38,9	39,4	40,0	36,0	35,2	40,0
		Min. Ekstrem	12,9	0,0	-5,0	-3,4	0,0	4,0	5,4	15,2	18,0	17,8	20,6	13,4	-5,0
		Toprak Üstü Min. Ekst.	6,0	2,0	-7,0	-7,0	-2,0	0,7	4,0	6,0	16,0	15,0	18,6	10,5	-7,0
	Toprak	5 cm'de Ortalama	22,0	15,0	10,1	8,6	10,1	13,9	19,1	24,1	28,9	32,1	32,1	28,2	20,4
		10 cm'de Ortalama	22,2	15,3	10,6	8,9	10,2	14,0	18,8	23,6	27,9	31,0	31,2	28,0	20,1
		20 cm'de Ortalama	22,3	16,0	11,2	9,4	10,3	13,6	18,1	22,6	26,7	29,8	30,2	27,4	19,8
Yağış (mm)		59,2	146,6	0,0	16,4	76,0	34,8	8,9	98,4	0,0	0,0	0,0	0,0	440,3	
Yağışlı Gün Sayısı (gün)		12	6	0	3	6	5	3	9	0	0	0	0	44,0	
Buharlaşma (mm)		101,6	57,7	57,6	62,5	51,5	95,9	124,2	147,2	197,1	224,7	201,0	164,5	1.485,5	
Ortalama Nisbi Nem (%)		64,2	65,0	72,2	70,9	71,5	72,0	71,9	71,0	71,7	75,6	75,7	69,1	70,9	

EK 3 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu 2005–2006 yılına ait meteorolojik değerler

Meteorolojik Elemanlar			AYLAR											Yıllık	
			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		IX
SICAKLIK °C	Hava	Ortalama	20,4	12,8	11,4	11,0	12,9	17,5	20,2	24,0	27,0	29,8	30,8	26,0	20,3
		Maks. Ekstrem	35,2	25,8	24,6	22,2	26,2	27,6	33,0	41,6	36,0	37,0	43,0	39,6	43,0
		Min. Ekstrem	6,0	2,0	2,0	1,0	0,2	7,2	9,6	14,0	18,2	23,0	24,2	14,6	0,2
		Toprak Üstü Min. Ekst.	4,0	0,0	0,0	-4,0	-2,5	2,0	5,0	10,0	15,0	18,0	20,0	13,0	-4,0
	Toprak	5 cm'de Ortalama	22,0	15,0	10,1	8,6	10,1	13,9	19,1	24,1	28,9	32,1	32,1	28,2	20,4
		10 cm'de Ortalama	22,2	15,3	10,6	8,9	10,2	14,0	18,8	23,6	27,9	31,0	31,2	28,0	20,1
		20 cm'de Ortalama	22,3	16,0	11,2	9,4	10,3	13,6	18,1	22,6	26,7	29,8	30,2	27,4	19,8
Yağış (mm)		24,7	83,4	79,7	39,0	85,7	49,7	5,0	5,6	0,0	1,1	0,0	31,7	405,6	
Yağışlı Gün Sayısı (gün)		5	7	7	6	9	8	7	2	0	1	0	4	56,0	
Buharlaşma (mm)		118,7	62,9	46,8	47,5	148,2	88,0	108,3	173,8	191,7	200,4	180,9	166,3	1.533,5	
Ortalama Nisbi Nem (%)		64,2	65,0	72,2	70,9	71,5	72,0	71,9	71,0	71,7	75,6	75,7	69,1	70,9	

EK 4 Toprak ve Su Kaynakları Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu uzun yıllık iklim değerleri (1950–2008)

Meteorolojik Elemanlar		Rasat Süresi Yıl	AYLAR													Yıllık
SICAKLIK °C	Hava		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
		Ortalama	48	20,1	14,6	10,2	8,8	9,7	12,8	16,7	20,8	24,5	26,8	27,0	24,3	18,0
		Maks. Ekstrem	48	37,5	33,5	26,0	28,4	25,0	30,8	36,8	40,3	40,1	40,0	43,0	41,0	43,0
		Min. Ekstrem	48	2,0	-2,7	-5,0	-8,5	-5,7	-5,4	0,8	4,0	12,0	14,0	13,7	8,0	-8,5
	Toprak	Toprak Üstü Min. Ekst.	41	-0,5	-6,0	-7,8	-10,0	-10,8	-10,0	-4,5	0,3	8,3	11,5	9,8	4,4	-10,8
		5 cm'de Ortalama	46	22,0	15,0	10,1	8,6	10,1	13,9	19,1	24,1	28,9	32,1	32,1	28,2	20,4
		10 cm'de Ortalama	48	22,2	15,3	10,6	8,9	10,2	14,0	18,8	23,6	27,9	31,0	31,2	28,0	20,1
		20 cm'de Ortalama	48	22,3	16,0	11,2	9,4	10,3	13,6	18,1	22,6	26,7	29,8	30,2	27,4	19,8
Yağış (mm)	Ortalama	58	35,1	81,3	135,3	111,8	79,1	59,7	39,1	29,4	11,1	3,5	2,3	10,9	598,5	
Yağışlı Gün Sayısı (gün)	Ortalama	48	5	7	10	10	9	8	7	6	2	1	2	2	70	
Buharlaşma (mm)	Ortalama	48	119,4	70,1	42,4	45,9	56,7	89,6	119,1	167,2	199,3	216,0	199,0	164,2	1.489,0	
Ortalama Nisbi Nem (%)	Ortalama	48	64,2	65,0	72,2	70,9	71,5	72,0	71,9	71,0	71,7	75,6	75,7	69,1	70,9	

EK 5 2006 yılı I. örnekleme dönemi 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	1.380	13,28	666,8	2,05	0,676	5,1	41,2	54,2	7,57	27,2	26,3
2	1.120	13,97	484,3	1,85	0,42	3,2	38,5	58,4	7,66	28	26
3	1.210	12,23	607,1	1,64	0,792	2,1	39,3	59,6	7,59	27,4	25,5
4	1.130	8,62	563,9	1,89	0,455	4,7	39,7	57,4	7,78	28,2	26,2
5	1.280	8,73	550,7	1,74	0,477	2,4	37,2	61	7,71	32,1	25,8
6	1.210	12,23	563,9	1,8	0,433	3,2	38,8	59,9	7,79	28,2	26,4
7	1.280	8,34	550,7	1,86	0,466	2,8	36,4	62,5	7,81	29,1	25,6
8	1.230	8,43	563,9	1,77	0,478	3,3	37,4	61,2	7,72	29,7	25,6
9	1.180	8,73	563,9	1,64	0,461	2,9	37,2	61,9	7,79	32	26,4
10	1.070	13,97	484,3	1,71	0,388	3,7	39,8	58,3	7,7	28,4	26,7
11	1.050	13,97	484,3	1,48	0,319	4,2	39,2	57,4	7,76	29,2	26,4
12	1.020	8,73	510,9	1,55	0,42	3,8	37,5	60,2	7,78	29,9	25,3
13	900	10,48	550,7	1,48	0,35	2,1	38,9	60,3	7,78	31,1	26,2
14	900	8,53	537,4	1,14	0,38	3,6	36,3	61,5	7,82	29,9	26,4
15	1.050	5,24	524,1	1,36	0,386	2,5	36,2	62,9	7,75	29,9	25,6
16	1.010	3,49	550,7	1,01	0,378	2,2	37,1	61,3	7,77	29,6	25,8
17	900	5,24	537,4	1,23	0,406	1,5	37,5	62,7	7,79	28,5	25,5
18	900	6,99	537,4	1,26	0,442	2,5	36,2	62	7,86	24,8	25,6
19	800	15,72	510,9	1,42	0,371	4,3	38,5	59,2	7,72	27,6	26
20	1.070	6,91	497,6	1,14	0,324	3,2	38,2	59,8	7,76	29,7	26
21	1.120	6,97	537,4	1,33	0,325	2,3	36,9	61,4	7,75	31,4	26,4
22	1.050	6,93	524,1	1,07	0,314	2,9	39,2	59,7	7,81	29,5	26,2
23	1.040	3,42	497,6	0,76	0,295	2,6	36,3	62,5	7,76	29,3	25,8
24	1.020	3,39	510,9	0,88	0,3	2,5	36,4	62,2	7,85	31	26,4
25	1.020	1,75	510,9	1,11	0,313	2,7	38,9	60,6	7,75	32,6	25,6
26	1.040	3,27	444,5	0,98	0,315	2,2	37,2	61,3	7,72	31,1	26,4
27	1.030	3,36	484,3	1,23	0,307	2,1	38,1	59,4	7,76	30,2	26,5
28	1.050	13,97	471,1	1,42	0,374	4,4	38,3	59,9	7,72	28,7	26,7
29	1.060	12,23	471,1	1,45	0,362	3,9	38,8	60,9	7,83	29,5	26,4
30	1.110	8,73	434,6	1,61	0,35	2,7	38,4	60,7	7,89	31,8	26
31	1.000	3,48	636,9	1,55	0,359	2,2	37,3	60,5	7,81	30,4	25,3
32	1.100	5,21	593,8	1,42	0,325	2,8	38,5	60,2	7,89	26,5	25,6
33	1.080	5,29	607,1	1,17	0,466	2,1	38,9	60,3	7,83	30,4	23
34	1.110	5,24	524,1	1,2	0,41	4,3	40,1	56,4	7,84	29,7	26,3
35	1.070	3,49	497,6	1,42	0,385	2,3	40,3	58,1	7,85	31,3	26,5
36	1.030	12,23	537,4	1,23	0,41	2,5	37,4	61,4	7,81	30,8	26,7
37	1.110	6,93	563,9	1,33	0,4	3,2	39,6	57,8	7,85	30,2	26,5
38	1.020	6,87	510,9	1,11	0,43	4,7	38,6	58,8	7,75	28,3	28,3
39	1.110	10,42	580,5	1,26	0,41	3,6	38,3	59,3	7,86	29,5	26
40	1.050	5,24	550,7	1,14	0,415	3,9	38,8	59,7	7,84	31	26,7

EK 5 2006 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
44	1.110	3,56	607,1	0,98	0,39	3,6	39,1	58,5	7,88	32,3	26,5
45	900	8,73	510,9	1,9	0,419	2,4	38,1	60,9	7,77	33,5	26,1
46	1.020	10,4	580,5	1,87	0,418	4,2	40,3	55,9	7,72	30,3	25,8
47	1.030	6,81	537,4	1,71	0,35	5,1	40,6	55,3	7,73	30,6	26
48	1.070	3,54	550,7	1,68	0,411	3,1	40,9	57,5	7,74	30,6	26,5
49	800	5,23	484,3	1,65	0,35	3,2	37,1	59,2	7,7	28,9	26,3
50	900	7,1	537,4	1,65	0,355	3,7	40,5	58,4	7,83	28,5	26,1
51	900	8,75	593,8	1,68	0,919	2,1	39,5	58,9	7,68	32,1	26,1
52	1.000	5,2	607,1	1,78	0,415	2,2	39,3	58,3	7,81	32,4	25,6
53	1.100	5,28	653,5	1,94	0,441	2,7	39,4	58,2	7,86	31,8	25,4
54	1.030	3,51	763	1,59	0,432	3,2	36,9	60,8	7,75	31,1	25,4
55	1.120	5,29	580,5	1,43	0,375	5,4	38,2	58,9	7,77	31,4	26
56	1.030	5,42	580,5	1,37	0,366	5,1	40,7	54,2	7,75	32,3	26,1
57	1.000	5,26	593,8	1,43	0,37	5,9	40,2	55,3	7,67	28,1	25,8
58	900	5,28	593,8	1,43	0,352	4,4	40,3	56,1	7,76	30	25,8
59	1.020	8,77	537,4	1,68	0,388	3,4	39,2	58,4	7,81	31,4	25,6
60	1.010	3,44	510,9	1,56	0,362	3,9	40,3	57,9	7,77	31,5	25,4
61	1.020	3,52	524,1	1,75	0,375	3,8	40,6	58,1	7,78	29,3	26
62	1.100	3,23	563,9	1,56	0,375	3,1	39,2	58,7	7,72	31,3	26,1
63	1.100	3,55	580,5	1,65	0,402	3,3	38,7	60,5	7,76	31,5	25,2
64	1.030	5,2	623,7	1,62	0,5	5,7	37,5	58,5	7,72	32,4	25
65	1.020	6,93	636,9	1,52	0,44	6,6	34,9	60,2	7,66	32	25,4
66	1.110	5,34	537,4	1,59	0,702	6,8	41,4	53,3	7,72	29,8	25,4
67	800	3,56	607,1	1,59	0,555	4,8	37,2	59,1	7,69	32,1	25,5
68	800	5,29	484,3	1,68	0,469	4,9	37,8	59,4	7,74	31,6	25,7
69	1.200	5,3	510,9	1,59	0,405	3,2	38,2	59,2	7,72	32,6	25,3
70	1.100	3,58	457,8	1,71	0,382	4,5	38,9	58,8	7,8	29,6	25,5
71	1.200	5,18	524,1	1,62	0,381	3,3	36,3	60	7,72	31,3	24,8
72	1.020	5,22	510,9	1,75	0,4	4,9	39,3	57,6	7,77	30,6	24,6
73	1.210	12,23	550,7	1,84	0,404	4,2	38,3	57,5	7,78	31,5	25,1
74	1.010	5,26	484,3	1,49	0,335	5,1	38,7	57,3	7,82	31,7	25,5
75	1.020	3,23	484,3	1,65	0,277	5,6	37,2	58,9	7,79	32,2	25,3
76	1.040	3,42	471,1	1,71	0,323	5,7	39,8	56,7	7,76	32,8	25,3
77	1.070	3,36	471,1	1,68	0,344	4,3	36,6	59,1	7,77	31,7	25,1
78	1.020	3,51	444,5	1,49	0,336	5,6	38,2	57,2	7,83	31,7	25
79	1.010	1,75	497,6	1,46	0,358	5,1	39,1	56,2	7,82	31,1	25,5
80	1.110	3,58	484,3	1,75	0,336	4,2	38,2	58,4	7,83	33,1	25
81	1.070	3,49	497,6	1,62	0,34	3,9	38	58,2	7,91	33,8	25,1



EK 6 2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	1.380	13,12	666,8	2,05	0,676	5,1	41,2	54,1	7,57	27,2	26,3
2	1.230	12,34	607,1	1,64	0,792	2,5	39,1	59,2	7,59	27,4	25,5
3	1.200	8,65	550,7	1,74	0,477	2,1	37,3	61,3	7,71	32,1	25,8
4	1.200	8,43	550,7	1,86	0,466	2,4	36,3	62,3	7,81	29,1	25,6
5	1.120	8,45	563,9	1,64	0,461	2,3	37,3	61,1	7,79	32,0	26,4
6	1.200	6,89	550,7	1,83	0,709	2,7	36,1	62,2	7,70	29,9	26,2
7	1.210	8,75	700,0	1,93	0,513	2,2	37,3	62,2	7,64	29,8	25,8
8	1.320	12,32	623,7	1,74	0,440	2,8	36,2	62,3	7,75	31,5	26,2
9	1.210	8,87	623,7	1,61	0,490	2,9	36,2	62,4	7,83	31,6	26,2
10	1.200	8,68	607,1	1,52	0,470	3,6	35,2	62,3	7,80	29,9	24,6
11	1.110	8,69	593,8	1,42	0,396	2,2	36,2	62,7	7,81	29,8	23,1
12	820	15,77	510,9	1,42	0,371	4,5	38,5	59,1	7,72	27,6	26,0
13	1.120	6,95	537,4	1,33	0,325	2,1	36,2	61,3	7,75	31,4	26,4
14	1.060	3,54	497,6	0,76	0,295	2,5	36,3	62,1	7,76	29,3	25,8
15	1.080	1,87	510,9	1,11	0,313	2,0	38,2	60,2	7,75	32,6	25,6
16	1.010	3,52	484,3	1,23	0,307	2,4	38,8	59,2	7,76	30,2	26,6
17	1.010	6,93	497,6	1,93	0,499	3,8	35,1	63,2	7,94	30,9	26,0
18	1.010	3,67	497,6	1,23	0,335	1,2	34,1	64,2	7,96	29,8	25,5
19	1.030	6,91	550,7	1,39	0,330	2,3	36,3	62,2	7,84	30,3	25,6
20	1.100	3,46	524,1	1,39	0,310	2,5	36,3	63,2	7,81	31,3	25,8
21	1.120	5,28	550,7	1,42	0,335	2,9	36,2	62,3	7,84	31,9	25,5
22	1.040	3,44	510,9	1,29	0,295	2,6	35,2	63,3	7,87	33,0	26,0
23	1.160	6,96	563,9	1,33	0,400	3,2	39,2	57,9	7,85	30,2	26,3
24	1.120	10,56	580,5	1,26	0,410	3,8	38,1	59,3	7,86	29,5	26,0
25	1.010	10,43	683,4	1,29	0,627	2,7	37,5	61,1	7,80	29,1	25,8
26	1.050	3,42	580,5	1,01	0,430	2,4	40,8	59,5	7,85	33,2	26,3
27	900	8,71	510,9	1,90	0,419	2,8	38,1	60,2	7,77	33,5	26,1
28	1.030	3,44	580,5	1,33	0,465	2,9	37,3	61,2	7,66	30,1	25,2
29	1.120	5,21	607,1	1,43	0,460	2,4	39,2	59,2	7,70	30,9	24,5
30	1.010	1,77	607,1	1,30	0,445	2,3	37,2	61,2	7,71	31,1	25,1
31	1.020	5,29	537,4	1,40	0,401	3,5	38,2	59,2	7,74	31,7	25,8
32	1.020	6,83	700,0	1,52	0,435	2,2	36,4	62,3	7,71	31,5	25,4
33	1.050	8,66	580,5	1,71	0,370	2,2	36,5	62,3	7,73	32,5	24,9
34	1.110	5,37	580,5	1,43	0,375	5,3	38,2	58,2	7,77	31,4	26,0
35	1.040	5,32	593,8	1,43	0,370	5,3	40,1	55,1	7,67	28,1	25,8
36	1.020	8,79	537,4	1,68	0,388	3,3	39,3	58,2	7,81	31,4	25,6
37	1.020	3,56	524,1	1,75	0,375	3,5	40,2	58,2	7,78	29,3	26,0
38	1.190	3,51	580,5	1,65	0,402	4,0	38,4	60,3	7,76	31,5	25,2

EK 6 2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
39	640	5,26	497,6	1,59	0,525	7,4	40,1	53,3	7,74	29,9	26,0
40	920	3,58	457,8	1,33	0,370	3,2	35,1	63,4	7,83	31,7	25,8
41	1.040	5,38	524,1	1,62	0,339	3,3	36,1	61,2	7,84	32,3	25,6
42	1.120	3,67	537,4	1,43	0,392	4,1	36,3	60,3	7,81	32,4	25,8
43	1.210	3,58	550,7	1,68	0,348	4,3	32,2	64,2	7,80	33,4	25,1
44	1.220	5,37	607,1	1,87	0,364	4,6	35,2	61,4	7,78	32,9	25,2
45	1.220	12,33	550,7	1,84	0,404	4,9	38,7	57,4	7,78	31,5	25,1
46	1.060	3,39	484,3	1,65	0,277	5,3	37,3	58,3	7,79	32,2	25,3
47	1.050	3,36	471,1	1,68	0,344	4,1	36,2	59,3	7,77	31,7	25,1
48	1.080	1,67	497,6	1,46	0,358	5,2	39,1	56,2	7,82	31,1	25,5
49	1.040	3,57	497,6	1,62	0,340	3,5	38,2	58,1	7,91	33,8	25,1
50	920	1,72	471,1	1,30	0,394	5,8	47,7	48,1	7,79	31,1	25,5
51	1.080	3,50	484,3	1,46	0,323	3,3	34,2	62,2	7,80	30,5	25,5
52	1.030	1,77	497,6	1,46	0,398	3,6	35,2	62,1	7,78	33,6	25,3
53	520	3,54	524,1	1,49	0,324	4,2	37,5	59,2	7,80	33,1	25,0
54	1.010	3,58	537,4	1,56	0,350	5,2	36,3	58,4	7,76	31,3	24,2
55	900	1,71	484,3	1,43	0,399	6,2	38,3	56,3	7,75	33,1	24,6
56	600	10,43	563,9	1,68	0,478	7,2	39,2	55,1	7,72	31,9	26,3
57	1.100	3,58	510,9	1,65	0,342	6,7	35,0	59,3	7,75	32,1	22,5
58	1.100	3,54	593,8	1,56	0,344	6,1	34,2	60,2	7,84	31,3	24,7
59	1.100	5,18	537,4	1,56	0,297	7,2	36,1	57,2	7,73	29,8	24,4
60	1.100	3,43	537,4	1,37	0,321	7,4	40,2	53,2	7,77	31,3	24,9
61	800	3,45	471,1	1,33	0,321	7,3	41,5	51,2	7,83	29,2	26,0
62	900	5,32	471,1	1,30	0,334	7,4	37,4	56,2	7,77	31,4	25,1
63	900	6,89	524,1	1,24	0,356	7,3	40,1	53,2	7,79	31,3	25,3
64	1.050	3,57	497,6	1,40	0,342	6,2	39,2	56,1	7,82	32,5	24,7
65	1.020	3,44	510,9	1,43	0,391	7,2	38,2	56,6	7,74	33,5	24,2
66	1.020	3,41	484,3	1,56	0,374	8,3	39,1	53,2	7,70	31,7	24,7
67	1.030	12,26	484,3	1,21	0,377	8,4	40,2	53,4	7,73	31,3	26,2
68	900	5,39	457,8	1,40	0,383	9,2	39,2	51,3	7,75	29,3	26,6
69	900	3,37	471,1	1,56	0,333	7,1	39,2	54,1	7,83	32,4	25,8
70	900	5,35	497,6	1,40	0,386	7,2	43,3	50,8	7,79	32,4	25,3
71	900	5,31	471,1	1,21	0,340	7,7	46,5	47,2	7,81	31,2	25,7
72	900	3,53	457,8	1,24	0,332	8,4	42,2	50,2	7,80	31,1	25,3
73	900	3,62	484,3	1,27	0,416	9,3	41,1	50,5	7,76	31,3	24,7
74	900	8,83	497,6	1,24	0,366	9,1	40,2	50,7	7,80	30,2	25,3
75	1.010	5,14	510,9	1,43	0,425	9,2	45,2	46,3	7,82	32,2	24,7
76	1.020	5,32	471,1	1,56	0,376	9,2	47,5	44,2	7,98	32,2	25,1
77	1.030	5,13	444,5	1,59	0,380	12,3	45,4	43,1	7,87	29,1	25,3

EK 6 2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
78	1.160	5,22	550,7	1,58	0,345	6,6	41,2	53,4	7,80	30,5	25,5
79	1.020	3,42	471,1	1,58	0,327	9,3	43,2	48,2	7,78	28,7	25,7
80	900	5,23	471,1	1,55	0,322	10,0	42,1	48,2	7,76	29,6	25,5
81	1.020	5,20	510,9	1,68	0,313	9,5	43,1	48,6	7,75	32,4	24,5
82	1.070	3,51	497,6	1,61	0,309	11,1	43,2	45,3	7,81	29,1	25,5
83	1.210	6,92	484,3	1,55	0,296	7,2	44,2	50,3	7,80	31,4	25,7
84	1.050	3,54	497,6	1,45	0,321	7,2	41,1	52,2	7,71	30,8	24,5
85	1.140	5,34	457,8	1,71	0,300	9,2	41,1	50,7	7,78	29,1	24,7
86	1.080	5,33	484,3	1,68	0,338	8,4	43,2	50,2	7,79	30,5	24,5
87	1.120	5,28	457,8	1,71	0,394	8,3	46,2	46,1	7,88	29,7	25,1
88	980	15,79	398,1	1,65	0,417	15,3	46,1	39,0	7,89	26,3	25,8
89	1.100	5,44	537,4	1,78	0,528	7,8	42,2	51,0	7,67	31,8	24,5
90	1.100	1,72	510,9	1,68	0,418	7,2	47,1	46,2	7,78	31,5	24,4
91	1.010	1,77	457,8	1,74	0,345	7,2	42,1	50,3	7,76	29,7	24,2
92	1.100	3,55	457,8	1,68	0,335	8,1	43,2	50,3	7,73	31,2	24,5
93	1.100	5,22	471,1	1,65	0,404	7,3	43,2	49,1	7,87	30,1	24,7
94	900	3,41	471,1	1,61	0,416	6,3	40,3	54,3	7,87	31,7	24,9
95	800	3,43	398,1	1,55	0,413	10,1	43,2	47,2	7,82	31,0	25,7
96	1.060	5,14	421,3	1,55	0,385	9,3	45,2	46,1	7,76	30,4	24,5
97	1.080	3,52	374,9	1,32	0,384	11,1	46,7	43,2	7,80	28,3	24,4
98	1.120	3,45	398,1	1,48	0,390	11,2	48,5	41,2	7,82	28,3	24,9
99	910	5,27	361,6	1,29	0,410	16,2	47,3	37,8	7,84	24,6	25,5
100	1.320	13,97	593,8	2,00	0,547	6,3	41,4	53,2	7,80	30,6	25,0
101	910	10,48	484,3	1,52	0,440	6,2	42,2	52,1	7,81	28,7	25,5
102	1.130	5,33	497,6	1,58	0,410	6,3	43,1	51,2	7,85	30,2	25,2
103	1.050	5,21	484,3	1,74	0,350	7,4	43,2	50,2	7,80	30,0	25,2
104	1.020	5,24	471,1	1,55	0,365	7,5	44,1	49,2	7,82	31,1	25,5
105	1.010	5,22	510,9	1,55	0,425	8,2	46,1	47,2	7,83	31,1	25,3
106	1.020	5,29	484,3	1,32	0,365	13,1	52,2	35,3	7,85	30,9	25,7
107	1.120	5,26	421,3	1,68	0,370	13,2	52,1	35,3	7,91	27,6	25,9
108	1.060	3,46	384,8	1,42	0,357	11,2	48,5	41,2	7,83	26,7	25,3
109	1.020	3,47	374,9	1,42	0,362	12,1	48,2	40,2	7,77	24,7	25,5
110	920	5,23	351,6	1,39	0,407	19,3	47,2	34,3	7,82	23,5	25,3
111	1.310	19,21	563,9	2,45	0,505	6,2	43,3	52,2	7,70	29,9	24,8
112	1.140	5,26	457,8	1,48	0,366	6,0	43,3	51,3	7,76	31,1	25,3
113	1.050	3,53	484,3	1,29	0,345	7,4	45,2	49,1	7,79	31,0	25,5
114	1.050	3,57	374,9	1,12	0,380	7,0	47,2	46,2	7,78	29,0	25,7
115	1.060	5,29	484,3	1,65	0,365	8,4	45,1	47,3	7,65	31,1	25,9
116	1.060	5,31	444,5	1,55	0,380	10,2	44,1	46,4	7,70	28,3	25,9

EK 6 2006 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
117	1.140	6,86	457,8	1,58	0,366	10,2	50,2	40,2	7,77	27,2	25,7
118	1.110	3,49	374,9	1,52	0,345	10,4	48,2	42,1	7,78	26,2	25,5
119	900	5,35	384,8	1,65	0,344	10,8	49,3	40,2	7,82	26,2	26,6
120	900	5,36	374,9	1,45	0,350	15,0	50,2	35,2	7,78	25,2	26,1
121	800	3,40	318,5	1,52	0,555	16,0	51,0	34,2	7,84	24,1	26,3

EK 7 2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	1.380	13,12	66,8	2,05	0,676	5,1	41,2	54,1	7,57	27,2	26,3
2	1.212	8,76	550,7	1,74	0,477	2,0	37,0	61,0	7,71	32,1	25,8
3	1.115	8,83	563,9	1,64	0,461	2,0	37,0	61,0	7,79	32,0	26,4
4	1.206	8,92	700,0	1,93	0,513	2,0	37,0	62,0	7,64	29,8	25,8
5	1.203	8,75	623,7	1,61	0,490	2,0	36,0	62,0	7,83	31,6	26,2
6	1.109	8,70	593,8	1,42	0,396	2,0	36,0	62,0	7,81	29,8	23,1
7	1.104	6,94	580,5	1,52	0,521	3,0	34,0	63,0	7,82	30,0	26,2
8	1.102	12,29	683,4	1,74	0,447	2,0	36,0	62,0	7,8	29,3	26,0
9	1.208	10,48	636,9	1,74	0,422	4,0	36,0	60,0	7,82	30,1	25,6
10	1.115	12,23	563,9	1,86	0,489	5,0	37,0	59,0	7,79	30,6	25,5
11	1.111	6,98	563,9	1,33	0,400	3,0	39,0	57,0	7,85	30,2	26,3
12	1.054	10,48	683,4	1,29	0,627	2,0	37,0	61,0	7,8	29,1	25,8
13	903	8,74	510,9	1,90	0,419	2,0	38,0	60,0	7,77	33,5	26,1
14	1.119	5,32	607,1	1,43	0,460	2,0	39,0	59,0	7,7	30,9	24,5
15	1.089	5,38	537,4	1,40	0,401	3,0	38,0	59,0	7,74	31,7	25,8
16	1.043	8,78	580,5	1,71	0,370	2,0	36,0	62,0	7,73	32,5	24,9
17	1.023	3,51	550,7	1,37	0,405	3,0	35,0	62,0	7,79	32,5	25,6
18	1.104	5,21	623,7	1,43	0,420	3,0	36,0	61,0	7,74	32,6	25,2
19	1.109	5,24	550,7	1,65	0,350	3,0	40,0	57,0	7,72	29,4	25,4
20	1.032	3,49	421,3	1,68	0,375	7,0	43,0	50,0	7,76	32,1	25,0
21	1.208	12,23	550,7	1,84	0,404	4,0	38,0	57,0	7,78	31,5	25,1
22	1.023	3,32	471,1	1,68	0,344	4,0	36,0	59,0	7,77	31,7	25,1
23	1.018	3,39	497,6	1,62	0,340	3,0	38,0	58,0	7,91	33,8	25,1
24	1.015	3,35	484,3	1,46	0,323	3,0	34,0	62,0	7,8	30,5	25,5
25	503	3,32	524,1	1,49	0,324	4,0	37,0	59,0	7,8	33,1	25,0
26	909	1,87	484,3	1,43	0,399	6,0	38,0	56,0	7,75	33,1	24,6
27	1.019	3,55	524,1	1,75	0,349	6,0	38,0	56,0	7,81	30,4	24,6
28	1.011	3,59	457,8	1,59	0,397	10,0	40,0	50,0	7,79	30,3	24,4
29	1.201	3,57	418,0	1,47	0,370	11,0	40,0	49,0	7,75	28,3	26,2
30	902	5,27	295,2	1,43	0,352	17,0	47,0	37,0	7,87	26,2	25,3
31	1.022	12,23	484,3	1,21	0,377	8,0	40,0	53,0	7,73	31,3	26,2
32	909	3,34	471,1	1,56	0,333	7,0	39,0	54,0	7,83	32,4	25,8
33	905	5,45	471,1	1,21	0,340	7,0	46,0	47,0	7,81	31,2	25,6
34	907	3,45	484,3	1,27	0,416	9,0	41,0	50,0	7,76	31,3	24,7
35	1.013	5,32	510,9	1,43	0,425	9,0	45,0	46,0	7,82	32,2	24,7
36	1.016	5,29	444,5	1,59	0,380	12,0	45,0	43,0	7,87	29,1	25,3
37	804	3,50	434,6	1,27	0,400	18,0	43,0	39,0	7,81	28,9	25,6
38	809	5,30	398,1	1,46	0,373	19,0	42,0	39,0	7,8	24,3	25,5
39	1.017	6,93	338,4	1,14	0,500	22,0	44,0	34,0	7,84	24,7	26,4

EK 7 2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
40	802	17,47	328,4	1,65	0,350	20,0	48,0	33,0	7,84	24,1	26,6
41	1.202	5,36	537,4	1,78	0,528	7,0	42,0	51,0	7,67	31,8	24,5
42	1.011	1,45	457,8	1,74	0,345	7,0	42,0	50,0	7,76	29,7	24,2
43	1.104	5,38	471,1	1,65	0,404	7,0	43,0	49,0	7,87	30,1	24,7
44	807	3,55	398,1	1,55	0,413	10,0	43,0	47,0	7,82	31,0	25,6
45	1.054	3,53	374,9	1,32	0,384	11,0	46,0	43,0	7,8	28,3	24,3
46	906	5,21	361,6	1,29	0,410	16,0	47,0	37,0	7,84	24,6	25,5
47	803	5,27	338,4	1,19	0,434	19,0	49,0	33,0	7,82	22,9	25,8
48	901	3,52	351,6	1,29	0,468	19,0	45,0	35,0	7,79	26,4	25,3
49	808	3,53	295,2	1,23	0,413	19,0	47,0	34,0	7,82	24,5	23,7
50	802	3,54	255,4	1,32	0,435	22,0	45,0	33,0	8,05	26,4	25,9
51	1.304	19,21	563,9	2,45	0,505	6,0	43,0	52,0	7,7	29,9	24,8
52	1.023	3,49	484,3	1,29	0,345	7,0	45,0	49,0	7,79	31,0	25,5
53	1.054	5,25	484,3	1,65	0,365	8,0	45,0	47,0	7,65	31,1	25,9
54	1.108	6,97	457,8	1,58	0,366	10,0	50,0	40,0	7,77	27,2	25,7
55	909	5,34	384,8	1,65	0,344	10,0	49,0	40,0	7,82	26,2	26,6
56	802	3,47	318,5	1,52	0,555	16,0	50,0	34,0	7,84	24,1	26,3
57	705	5,23	398,1	1,55	0,497	19,0	49,0	32,0	7,88	24,1	27,4
58	801	6,97	305,2	1,39	0,415	21,0	48,0	31,0	7,81	22,8	27,6
59	703	5,27	285,3	1,48	0,436	17,0	49,0	34,0	7,79	22,6	27,2
60	906	6,92	374,9	1,55	0,437	16,0	52,0	32,0	7,94	21,9	26,3
61	802	8,78	593,8	1,74	0,411	5,0	46,0	50,0	7,79	30,2	25,3
62	1.058	3,52	408,0	1,68	0,365	5,0	50,0	45,0	7,75	28,7	25,9
63	909	6,87	421,3	1,81	0,376	10,0	51,0	39,0	7,85	27,2	25,1
64	901	3,41	374,9	1,61	0,387	11,0	52,0	37,0	7,84	25,9	25,7
65	807	3,43	318,5	1,36	0,355	15,0	50,0	35,0	7,9	24,7	25,9
66	704	5,22	328,4	1,55	0,379	21,0	50,0	29,0	7,92	22,8	26,8
67	703	5,28	265,4	1,03	0,376	23,0	46,0	31,0	7,8	21,1	27,4
68	802	3,52	285,3	1,29	0,386	12,0	51,0	37,0	7,8	25,1	27,6
69	709	3,44	255,4	1,29	0,369	12,0	52,0	37,0	7,86	25,5	26,4
70	808	3,41	235,5	1,19	0,410	17,0	50,0	33,0	7,85	23,7	26,6
71	1.014	13,92	484,3	1,73	0,402	5,0	48,0	47,0	7,76	28,1	25,7
72	1.202	5,26	295,2	1,41	0,330	8,0	53,0	39,0	7,82	26,6	26,1
73	906	3,54	285,3	1,28	0,332	11,0	54,0	35,0	7,81	24,9	26,3
74	801	3,46	275,3	1,48	0,347	14,0	55,0	31,0	7,88	24,1	26,4
75	703	5,27	275,3	1,22	0,496	19,0	50,0	32,0	7,85	23,4	26,6
76	707	5,29	245,5	1,38	0,312	21,0	49,0	30,0	7,88	22,4	27,8
77	804	17,47	305,2	1,32	0,430	24,0	47,0	29,0	7,75	22,3	27,4
78	702	6,86	235,5	0,96	0,383	21,0	48,0	30,0	7,9	21,4	27,6

EK 7 2006 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
79	706	3,49	228,9	1,12	0,335	13,0	52,0	36,0	7,85	25,1	27,0
80	709	1,54	165,9	0,67	0,338	14,0	50,0	36,0	7,77	25,0	28,1
81	1.204	8,69	345,0	1,83	0,447	6,0	49,0	45,0	7,78	28,3	25,0
82	1.012	5,23	328,4	1,54	0,372	10,0	54,0	36,0	7,85	25,2	25,9
83	1.023	5,33	328,4	1,41	0,357	15,0	51,0	34,0	7,8	21,1	26,8
84	905	3,36	265,4	1,35	0,349	17,0	51,0	32,0	7,88	20,8	26,6
85	703	5,14	275,3	1,25	0,354	22,0	46,0	32,0	7,84	23,1	27,0
86	802	3,33	228,9	1,06	0,320	24,0	44,0	32,0	7,98	21,4	27,2
87	801	6,85	255,4	1,03	0,415	25,0	45,0	30,0	7,92	22,0	27,2
88	703	8,77	265,4	1,25	0,425	19,0	48,0	33,0	7,79	23,4	27,4
89	809	3,32	192,4	1,00	0,392	21,0	48,0	31,0	7,81	21,5	27,4
90	908	5,19	209,0	1,67	0,377	21,0	48,0	31,0	7,8	24,9	27,6
91	705	8,67	408,0	1,38	0,371	7,0	49,0	45,0	7,8	27,4	25,5
92	803	6,93	348,3	1,38	0,327	11,0	53,0	36,0	7,82	24,3	26,5
93	902	3,55	275,3	1,57	0,352	11,0	54,0	35,0	7,96	23,4	26,3
94	801	3,58	275,3	1,48	0,354	16,0	51,0	33,0	7,9	21,2	25,5
95	817	1,72	265,4	1,57	0,341	19,0	51,0	29,0	7,91	24,1	25,3
96	912	5,26	245,5	1,48	0,393	21,0	50,0	29,0	7,85	21,5	25,5
97	1.023	3,53	318,5	1,35	0,336	20,0	46,0	34,0	7,82	22,6	25,3
98	811	6,90	361,6	1,35	0,410	27,0	45,0	28,0	7,9	23,4	25,2
99	823	3,52	209,0	1,28	0,315	24,0	46,0	29,0	8	21,4	25,7
100	505	1,77	112,8	0,51	0,525	27,0	48,0	25,0	7,83	20,7	23,9
101	550	1,65	114,0	0,57	0,345	26,0	48,0	27,0	7,82	20,6	24,5

EK 8 2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
1	1.380	13,36	666,8	2,05	0,676	5,1	41,2	54,1	7,57	27,2	26,3
2	1.110	8,24	563,9	1,64	0,461	2,3	37,3	60,4	7,79	32,0	26,4
3	1.220	9,43	623,7	1,61	0,490	2,5	36,2	61,3	7,83	31,6	26,2
4	1.110	7,51	580,5	1,52	0,521	3,8	34,5	61,7	7,82	30,0	26,2
5	1.210	10,83	636,9	1,74	0,422	4,7	36,1	59,2	7,84	30,1	25,6
6	1.140	12,38	484,3	1,89	0,411	7,2	42,3	50,5	7,65	26,8	26,2
7	1.120	12,93	457,8	1,74	0,395	21,0	41,2	37,8	7,72	22,9	26,0
8	1.220	12,75	550,7	1,84	0,404	4,5	38,3	57,2	7,78	31,5	25,1
9	1.050	3,67	484,3	1,46	0,323	3,2	34,4	62,4	7,80	30,5	25,5
10	910	2,27	484,3	1,43	0,399	6,4	38,2	55,4	7,75	33,1	24,6
11	1.020	4,19	457,8	1,59	0,397	10,4	40,1	49,5	7,79	30,3	24,4
12	910	6,46	295,2	1,43	0,352	17,2	46,8	36,0	7,87	26,2	25,3
13	710	4,02	245,5	0,92	0,397	25,1	43,9	31,0	7,90	20,8	27,4
14	820	7,16	235,5	1,14	0,383	33,2	40,7	26,1	7,80	19,7	27,7
15	1.220	5,76	537,4	1,78	0,528	7,1	41,7	51,2	7,67	31,8	24,5
16	1.110	5,41	471,1	1,65	0,404	7,6	43,3	49,1	7,87	30,1	24,7
17	1.060	4,72	374,9	1,32	0,384	11,8	46,3	41,9	7,80	28,3	24,4
18	820	5,59	338,4	1,19	0,434	19,4	48,8	31,8	7,82	22,9	25,8
19	800	4,89	295,2	1,23	0,413	19,5	47,2	33,3	7,82	24,5	23,7
20	700	4,37	199,0	1,16	0,419	23,5	45,9	30,6	7,77	23,0	27,2
21	920	3,67	129,4	0,58	0,536	35,8	38,6	25,6	7,94	21,9	28,3
22	810	9,08	593,8	1,74	0,411	4,7	45,7	49,6	7,79	30,2	25,3
23	930	7,51	421,3	1,81	0,376	9,8	51,2	39,0	7,85	27,2	25,2
24	830	4,19	318,5	1,36	0,355	14,9	50,4	34,7	7,90	24,7	25,9
25	710	5,41	265,4	1,03	0,376	22,8	46,4	30,8	7,80	21,1	27,4
26	730	4,72	255,4	1,29	0,369	12,4	52,3	35,3	7,86	25,5	26,5
27	1.120	2,62	99,5	0,48	0,337	35,6	43,2	21,2	7,86	18,9	28,3
28	710	9,08	408,0	1,38	0,371	7,3	49,2	43,5	7,80	27,4	25,5
29	900	4,19	275,3	1,57	0,352	11,2	54,5	34,3	7,96	23,4	26,3
30	800	2,97	265,4	1,57	0,341	19,6	51,1	29,3	7,91	24,1	25,3
31	1.070	3,84	318,5	1,35	0,336	20,2	46,2	33,6	7,82	22,6	25,3
32	530	3,14	112,8	0,51	0,525	27,8	48,3	23,9	7,83	20,7	23,9
33	1.210	12,58	484,3	1,93	0,458	5,4	46,2	48,4	7,84	28,4	25,4
34	1.040	3,67	328,4	1,44	0,375	10,6	54,6	34,8	8,04	25,2	26,5
35	940	4,19	318,5	1,32	0,446	18,2	47,2	34,6	7,83	23,1	26,1
36	1.080	5,59	361,6	1,44	0,376	8,1	46,3	45,6	7,79	24,3	27,2
37	620	12,58	199,0	1,57	0,552	53,2	28,4	18,4	7,83	17,0	27,6
38	1.210	13,62	524,1	0,83	0,416	6,1	45,1	48,8	7,73	30,2	26,1



EK 8 2006 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	pH	KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
39	1.120	6,29	444,5	1,44	0,396	7,5	51,4	41,1	7,83	27,3	26,5
40	920	5,41	444,5	1,38	0,470	18,4	46,2	35,4	7,78	26,2	26,5
41	1.070	5,07	374,9	1,25	0,390	10,1	45,1	44,8	7,79	26,3	26,8
42	740	4,89	129,4	0,74	0,430	36,2	37,2	26,6	7,97	18,0	28,0

EK 9 2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	2.110	14,69	445,6	1,39	0,539
2	1.020	16,21	484,0	1,36	1,253
3	1.920	12,79	565,3	1,90	1,538
4	1.030	32,91	523,9	1,52	2,690
5	1.020	14,55	608,2	1,48	0,930
6	1.050	33,52	510,4	2,00	2,190
7	1.050	16,38	433,1	1,97	1,630
8	920	11,09	458,2	1,74	0,628
9	870	4,30	445,6	1,45	0,420
10	920	6,50	433,1	1,90	0,491
11	1.010	3,25	420,8	1,58	0,710
12	820	11,63	306,7	1,74	0,430
13	710	12,10	255,8	1,48	0,604
14	720	11,07	191,4	1,55	0,552
15	1.210	19,77	523,9	2,58	1,860
16	1.020	7,69	420,8	1,87	0,482
17	920	7,28	420,8	1,68	0,470
18	840	4,00	317,3	1,58	0,466
19	710	23,09	306,7	1,68	1,818
20	830	29,59	325,1	1,87	2,340
21	210	4,38	135,1	0,32	0,450
22	820	22,38	458,2	1,39	0,544
23	930	16,98	384,8	1,55	0,410
24	820	16,17	285,8	1,32	1,250
25	760	11,91	246,1	1,58	0,567
26	640	12,00	255,8	1,48	0,562
27	420	4,77	120,6	0,29	0,323
28	1.010	14,62	497,1	1,52	0,438
29	1.030	12,86	306,7	1,52	0,378
30	760	5,57	236,6	1,10	0,371
31	1.230	10,53	275,6	2,03	0,600
32	760	5,62	200,1	1,52	0,406
33	1.120	12,77	420,8	1,74	0,492
34	1.020	7,70	373,1	1,71	0,495
35	940	5,59	255,8	1,74	0,417
36	900	9,55	328,1	1,61	0,400
37	840	10,93	296,1	1,78	0,587
38	1.120	21,61	255,8	1,81	0,460

EK 9 2006 yılı II. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
39	1.230	6,52	396,6	2,13	0,590
40	920	32,35	420,8	1,78	2,400
41	940	13,15	420,8	1,97	0,570
42	810	8,33	275,6	1,65	0,506

EK 10 2006 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.230	11,14	510,0	1,98	1,250
2	1.320	10,86	497,6	1,51	1,170
3	1.220	24,03	457,8	1,63	2,150
4	1.090	25,22	623,7	1,76	2,800
5	1.120	30,29	537,4	1,82	2,000
6	1.080	29,55	421,3	1,44	0,773
7	1.140	11,58	374,9	1,63	0,600
8	1.150	15,58	384,8	1,44	0,600
9	920	10,01	421,3	1,54	1,700
10	1.120	15,30	421,3	1,63	1,723
11	1.230	10,03	421,3	1,57	1,210
12	840	14,31	361,6	1,66	0,800
13	1.110	11,13	275,3	1,44	1,700
14	1.240	9,01	218,9	1,29	0,700
15	1.020	13,52	398,1	1,73	0,571
16	1.070	12,37	374,9	1,85	0,900
17	1.090	11,65	398,1	1,66	1,050
18	750	7,44	305,2	1,85	1,178
19	1.020	14,71	255,4	1,29	2,510
20	890	8,16	285,3	1,35	1,900
21	1.010	5,75	218,9	1,38	1,400
22	1.180	31,30	408,0	1,41	2,760
23	1.070	11,65	361,6	1,41	0,623
24	920	9,82	318,5	1,48	2,300
25	940	9,19	285,3	1,26	2,100
26	1.040	6,50	235,5	1,00	2,760
27	1.020	8,10	265,4	1,35	2,620
28	1.010	16,35	374,9	1,66	1,550
29	1.220	15,14	295,2	1,54	2,450
30	940	5,55	228,9	1,26	1,090
31	720	6,48	228,9	1,19	1,030
32	910	7,00	245,5	1,29	0,630
33	1.220	36,21	444,5	2,01	6,100

EK 11 2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.210	9,14	434,6	1,69	0,634
2	1.030	7,30	295,2	1,44	0,422
3	1.110	5,15	484,3	1,29	0,483
4	1.220	7,30	510,9	1,54	0,493
5	1.020	8,96	484,3	1,78	0,550
6	1.215	9,89	444,5	1,69	0,610
7	970	5,83	255,4	1,44	0,481
8	890	6,83	374,9	1,51	0,453
9	1.040	4,49	434,6	1,41	0,521
10	920	4,54	434,6	1,41	0,600
11	930	4,40	457,8	1,48	0,521
12	920	7,13	305,2	1,48	0,450
13	810	8,98	384,8	1,32	0,533
14	900	4,68	361,6	1,54	0,465
15	910	7,81	351,6	1,57	0,447
16	930	5,03	510,9	1,66	0,395
17	950	4,84	481,0	1,88	0,413
18	920	4,16	408,0	1,66	0,416
19	1.040	4,72	384,8	1,63	0,687
20	800	4,19	228,9	1,20	0,396
21	1.030	12,09	218,9	1,32	0,401
22	1.020	7,81	444,5	1,51	0,442
23	940	4,21	421,3	1,63	0,510
24	1.010	7,49	374,9	1,51	0,844
25	730	3,81	245,5	1,01	0,454
26	840	4,79	275,3	1,32	0,520
27	670	4,47	218,9	1,17	0,580
28	1.040	5,80	384,8	1,44	0,432
29	980	1,92	265,4	1,12	0,410
30	720	2,38	235,5	1,14	0,731
31	840	5,38	275,3	1,23	0,563
32	810	2,85	199,0	1,01	0,401
33	910	10,01	361,6	1,51	0,572
34	1.010	2,93	328,4	1,51	0,491
35	920	4,49	295,2	1,44	0,566
36	930	4,16	285,3	1,51	0,457
37	640	3,77	305,2	1,20	0,464
38	1.110	12,73	434,6	1,60	0,452

EK 11 2006 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
39	1.050	4,70	338,4	1,48	0,501
40	710	3,04	305,2	1,14	0,436
41	920	2,93	275,3	1,35	0,424
42	830	6,48	192,4	1,11	0,481

EK 12 2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.120	9,69	551,3	1,57	0,541
2	1.210	7,51	518,2	1,42	0,521
3	1.330	9,22	484,0	1,03	0,501
4	1.180	8,77	476,4	1,56	0,506
5	1.110	7,95	484,0	1,82	0,508
6	1.150	6,85	490,0	1,48	0,542
7	1.240	6,50	497,3	1,30	0,671
8	1.180	4,56	538,4	1,76	0,543
9	990	5,76	565,3	1,95	0,325
10	1.110	17,36	484,0	1,46	0,421
11	920	9,52	458,1	1,77	0,348
12	1.140	8,51	472,1	1,72	0,362
13	1.170	7,39	497,3	1,62	0,371
14	1.150	5,87	490,0	1,46	0,370
15	1.140	5,36	484,0	1,18	0,603
16	1.100	4,16	465,4	1,39	0,524
17	960	4,10	458,1	1,49	0,416
18	1.020	3,88	469,4	1,35	0,412
19	980	14,67	484,0	1,77	0,501
20	1.000	10,66	477,0	1,86	0,550
21	1.040	8,00	471,1	1,96	0,692
22	1.030	7,62	476,0	1,65	0,625
23	1.010	7,04	484,0	1,49	0,558
24	980	6,31	490,6	1,54	0,527
25	950	6,20	497,3	1,71	0,467
26	970	4,02	489,0	1,48	0,486
27	950	3,65	484,0	1,40	0,529
28	730	10,55	458,1	1,55	0,423
29	1.320	9,76	497,3	1,62	0,379
30	1.280	6,04	503,9	1,54	0,396
31	1.030	4,68	510,5	1,30	0,364
32	1.050	4,38	498,9	1,29	0,523
33	1.070	4,02	497,3	1,27	0,548
34	1.050	4,40	486,6	1,46	0,564
35	1.020	4,33	497,3	1,62	0,581
36	990	9,45	408,7	1,62	0,431
37	970	4,87	510,5	1,79	0,393
38	920	4,65	473,4	1,76	0,402

EK 12 2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları  
(devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
39	880	5,61	445,5	1,80	0,408
40	820	5,26	513,8	1,78	0,406
41	1.110	4,89	551,3	1,70	0,405
42	1.100	4,56	521,8	1,54	0,398
43	1.140	4,16	433,2	1,24	0,390
44	1.080	4,72	472,1	1,42	0,415
45	1.030	4,86	523,8	1,60	0,460
46	1.010	13,21	445,5	1,74	0,329
47	960	6,31	408,7	1,58	0,377
48	970	6,46	412,0	1,25	0,381
49	980	6,45	420,6	1,06	0,380
50	1.000	6,15	442,9	1,32	0,426
51	1.020	5,68	458,1	1,55	0,724
52	1.000	4,91	432,6	1,59	0,683
53	980	4,00	420,6	1,68	0,333
54	960	8,14	393,1	1,62	0,347
55	1.040	10,71	361,6	1,62	0,271
56	1.060	9,43	382,5	1,35	0,356
57	1.070	5,54	408,7	1,15	0,448
58	1.090	6,71	414,0	1,26	0,378
59	1.130	7,06	420,6	1,37	0,344
60	1.100	4,75	415,7	1,38	0,351
61	1.040	2,62	420,6	1,40	0,357
62	1.050	2,78	440,5	1,54	0,342
63	1.080	3,51	497,3	1,64	0,259
64	1.180	13,41	471,1	0,90	0,416
65	1.020	5,73	433,2	0,87	0,288
66	1.080	6,66	439,5	1,86	0,290
67	1.120	6,93	445,5	1,08	0,295
68	1.100	6,34	441,9	1,20	0,324
69	1.070	5,76	432,2	1,36	0,346
70	1.150	4,73	446,5	1,34	0,328
71	1.180	4,68	458,1	1,27	0,293
72	1.100	3,98	438,5	1,35	0,435
73	1.070	5,89	458,1	1,41	0,462
74	1.060	6,03	445,2	1,32	0,412
75	1.050	2,52	433,2	1,27	0,395



EK 12 2007 yılı I. dönem 12,5 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları  
(devamı)

<b>ÖNO</b>	<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>
76	960	2,22	466,7	1,50	0,567
77	730	2,50	484,0	1,63	0,766
78	980	4,75	459,1	1,56	0,672
79	1.050	2,06	433,2	1,48	0,405
80	1.140	4,72	452,1	1,36	0,373
81	1.340	4,68	471,1	1,26	0,355

EK 13 2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.120	9,69	551,3	1,57	0,541
2	1.330	9,22	484,0	1,03	0,501
3	1.110	7,95	484,0	1,82	0,508
4	1.240	6,50	497,3	1,30	0,671
5	990	5,76	565,3	1,95	0,325
6	1.120	8,93	523,8	1,52	0,589
7	730	6,27	433,2	1,41	0,550
8	1.040	6,72	551,3	1,46	0,404
9	1.150	4,93	565,3	1,63	0,464
10	1.080	8,09	565,3	1,27	0,586
11	960	4,68	517,2	1,98	0,478
12	980	14,67	484,0	1,77	0,501
13	1.040	8,00	471,1	1,96	0,692
14	1.010	7,04	484,0	1,49	0,558
15	950	6,20	497,3	1,71	0,467
16	950	3,65	484,0	1,40	0,529
17	860	3,90	471,1	1,18	0,515
18	920	2,45	339,0	1,06	0,555
19	1.030	4,17	497,3	1,58	0,461
20	980	5,71	497,3	1,52	0,431
21	1.020	4,35	458,1	1,43	0,437
22	1.070	5,62	523,8	1,74	0,458
23	970	4,87	510,5	1,79	0,393
24	880	5,61	445,5	1,80	0,408
25	1.110	4,89	551,3	1,70	0,405
26	1.140	4,16	433,2	1,24	0,390
27	1.030	4,86	523,8	1,60	0,460
28	920	2,99	445,5	1,71	0,381
29	930	2,52	432,6	1,34	0,345
30	950	2,62	420,6	1,18	0,326
31	1.020	2,92	523,8	1,44	0,363
32	960	4,21	484,0	1,62	0,361
33	1.020	3,81	484,0	1,54	0,547
34	1.040	10,71	361,6	1,62	0,271
35	1.070	5,54	408,7	1,15	0,448
36	1.130	7,06	420,6	1,37	0,344
37	1.040	2,62	420,6	1,40	0,357
38	1.080	3,51	497,3	1,64	0,259

EK 13 2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
39	1.140	4,00	484,0	1,33	0,298
40	1.150	4,05	497,3	1,21	0,366
41	1.120	3,56	471,1	0,99	0,401
42	990	3,42	458,1	1,39	0,477
43	1.010	2,72	471,1	1,36	0,435
44	1.080	3,60	497,3	1,24	0,514
45	1.070	5,89	458,1	1,41	0,462
46	1.050	2,52	433,2	1,27	0,395
47	730	2,50	484,0	1,63	0,766
48	1.050	2,06	433,2	1,48	0,405
49	1.340	4,68	471,1	1,26	0,355
50	1.050	2,97	420,6	0,81	0,392
51	1.320	2,08	510,5	1,60	0,741
52	1.030	2,10	445,5	0,84	0,375
53	1.030	3,27	523,8	1,63	0,512
54	1.090	3,72	445,5	1,23	0,341
55	1.070	3,84	623,0	1,92	0,475
56	1.110	14,97	433,2	0,93	0,346
57	1.050	3,77	445,5	0,93	0,348
58	1.120	2,24	458,1	1,27	0,357
59	1.150	4,16	458,1	1,21	0,353
60	1.240	4,61	445,5	1,05	0,356
61	1.230	3,95	420,6	0,83	0,340
62	940	3,77	420,6	1,08	0,334
63	1.010	2,39	420,6	1,08	0,325
64	1.130	2,64	445,5	1,14	0,245
65	1.080	2,20	433,2	1,36	0,305
66	1.070	3,67	420,6	1,36	0,379
67	1.110	5,85	471,1	1,60	0,438
68	1.270	2,79	396,7	1,42	0,330
69	1.080	2,78	445,5	1,26	0,439
70	990	4,03	408,7	1,24	0,345
71	950	2,53	433,2	1,38	0,465
72	1.110	2,08	373,2	1,14	0,303
73	1.120	2,27	445,5	1,35	0,413
74	1.140	3,91	396,7	1,27	0,340
75	990	2,66	420,6	1,60	0,501
76	1.190	2,52	384,8	1,55	0,326
77	980	2,79	408,7	1,63	0,509

EK 13 2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
78	1.110	13,97	433,2	1,73	0,419
79	1.130	4,31	396,7	1,39	0,329
80	1.110	4,66	396,7	1,45	0,307
81	1.120	3,86	433,2	1,51	0,354
82	1.020	4,61	408,7	1,51	0,351
83	1.020	3,25	445,5	1,51	0,340
84	1.030	3,18	433,2	1,33	0,356
85	1.020	3,48	396,7	1,42	0,335
86	1.330	3,37	396,7	1,45	0,293
87	1.020	3,30	384,8	1,51	0,626
88	870	3,88	350,3	1,45	0,336
89	980	6,01	523,8	1,48	0,528
90	1.110	4,61	408,7	1,81	0,338
91	1.020	3,98	523,8	1,38	0,440
92	1.030	2,50	433,2	1,13	0,460
93	990	6,88	510,5	1,57	0,531
94	1.270	2,79	433,2	1,55	0,377
95	940	3,48	497,3	1,35	0,508
96	1.060	4,38	408,7	1,65	0,356
97	1.090	4,45	385,5	1,56	0,358
98	1.130	2,99	350,3	1,48	0,361
99	970	3,62	328,1	1,55	0,311
100	1.180	12,59	420,6	1,52	0,293
101	970	8,58	384,8	0,87	0,344
102	1.080	9,12	396,7	1,23	0,313
103	1.060	5,75	420,6	0,77	0,354
104	1.130	3,06	420,6	1,23	0,311
105	1.150	3,34	433,2	1,29	0,204
106	1.090	2,20	408,7	1,10	0,575
107	1.270	2,27	384,8	1,19	0,349
108	1.210	2,92	373,2	0,97	0,398
109	1.210	4,87	361,6	0,90	0,338
110	1.060	3,56	328,1	0,68	0,338
111	1.150	7,18	471,1	1,51	0,393
112	1.160	5,29	396,7	0,87	0,291
113	980	3,58	384,8	1,41	0,335
114	1.120	2,83	396,7	0,97	0,316
115	1.080	3,76	471,1	1,48	0,366
116	1.050	2,03	396,7	0,87	0,420

EK 13 2007 yılı I. dönem 25 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

<b>ÖNO</b>	<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>
117	1.050	4,17	484,0	1,44	0,318
118	980	2,81	413,7	1,30	0,382
119	920	3,37	373,2	1,26	0,418
120	1.060	2,69	361,6	1,68	0,349
121	940	3,41	396,7	0,31	0,879

EK 14 2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.120	9,69	551,3	1,57	0,541
2	1.110	7,95	484,0	1,82	0,508
3	990	5,76	565,3	1,95	0,325
4	730	6,27	433,2	1,41	0,550
5	1.150	4,93	565,3	1,63	0,464
6	960	4,68	517,2	1,98	0,478
7	900	4,00	317,5	1,50	0,705
8	1.240	5,80	510,5	0,97	0,657
9	1.120	6,03	484,0	1,37	0,640
10	1.220	13,00	265,7	1,62	0,590
11	970	4,87	510,5	1,79	0,393
12	1.110	4,89	551,3	1,70	0,405
13	1.030	4,86	523,8	1,60	0,460
14	930	2,52	432,6	1,34	0,345
15	1.020	2,92	523,8	1,44	0,363
16	1.020	3,81	484,0	1,54	0,547
17	970	6,55	471,1	0,94	0,582
18	990	3,27	445,5	1,19	0,824
19	900	2,29	458,1	1,09	0,467
20	980	3,74	396,7	1,19	0,679
21	1.070	5,89	458,1	1,41	0,462
22	730	2,50	484,0	1,63	0,766
23	1.340	4,68	471,1	1,26	0,355
24	1.320	2,08	510,5	1,60	0,741
25	1.030	3,27	523,8	1,63	0,512
26	1.070	3,84	623,0	1,92	0,475
27	940	3,21	425,6	1,28	0,939
28	980	3,09	433,2	1,22	0,542
29	950	4,07	350,3	1,31	0,630
30	920	3,77	306,5	1,28	0,699
31	1.110	5,85	471,1	1,60	0,438
32	1.080	2,78	445,5	1,26	0,439
33	950	2,53	433,2	1,38	0,465
34	1.120	2,27	445,5	1,35	0,413
35	990	2,66	420,6	1,60	0,501
36	980	2,79	408,7	1,63	0,509
37	840	2,36	361,6	1,34	0,548
38	830	2,93	350,3	1,28	0,397
39	750	3,67	296,2	1,09	0,414

EK 14 2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
40	720	2,62	286,0	1,06	0,449
41	980	6,01	523,8	1,48	0,528
42	1.020	3,98	523,8	1,38	0,440
43	990	6,88	510,5	1,57	0,531
44	940	3,48	497,3	1,35	0,508
45	1.090	4,45	385,5	1,56	0,358
46	970	3,62	328,1	1,55	0,311
47	820	2,71	339,0	1,19	0,656
48	840	3,58	361,6	1,66	0,985
49	930	3,35	306,5	1,44	0,500
50	940	2,29	296,2	1,16	0,484
51	1.150	7,18	471,1	1,51	0,393
52	980	3,58	384,8	1,41	0,335
53	1.080	3,76	471,1	1,48	0,366
54	1.050	4,17	484,0	1,44	0,318
55	920	3,37	373,2	1,26	0,418
56	940	3,41	396,7	0,31	0,879
57	830	1,89	296,2	1,41	0,316
58	720	3,56	350,3	1,12	0,679
59	840	3,51	227,2	1,19	0,392
60	950	3,18	246,1	1,19	0,435
61	1.120	10,62	458,1	1,81	0,469
62	980	4,52	317,5	1,50	0,423
63	910	4,33	306,5	1,34	0,414
64	930	5,17	275,7	1,86	0,693
65	820	4,19	265,7	1,33	0,558
66	810	4,56	257,4	1,20	0,483
67	820	6,90	249,8	0,88	0,507
68	830	3,83	255,8	1,26	0,481
69	830	3,74	217,9	1,36	0,473
70	710	2,85	217,9	0,92	0,417
71	1.100	8,09	398,7	1,96	0,482
72	970	3,76	296,2	1,61	0,484
73	960	4,16	275,7	1,33	0,600
74	920	4,52	246,1	1,17	0,516
75	910	4,65	209,0	1,11	0,596
76	840	3,41	236,5	0,85	0,551
77	730	4,47	209,0	0,85	0,432
78	910	3,46	200,0	0,82	0,488

EK 14 2007 yılı I. dönem 50 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
79	820	3,49	200,0	1,07	0,465
80	940	2,66	142,6	0,44	0,397
81	1.100	7,46	350,3	0,51	0,404
82	980	6,69	328,1	1,48	0,500
83	830	3,48	255,8	1,01	0,482
84	920	4,02	246,1	1,14	0,580
85	810	3,25	246,1	0,85	0,417
86	1.100	5,82	306,5	1,71	0,710
87	940	1,85	265,7	1,48	0,480
88	820	3,56	200,0	1,20	0,441
89	700	4,59	236,5	1,14	0,412
90	710	2,22	182,8	0,66	0,350
91	920	7,60	328,1	1,51	0,435
92	1.070	5,62	384,8	1,66	0,555
93	980	5,03	328,1	1,35	0,559
94	920	6,17	328,1	1,29	0,428
95	830	4,51	275,7	1,22	0,450
96	990	1,99	255,8	1,04	0,530
97	950	4,59	286,0	1,35	0,480
98	820	2,29	275,7	1,38	0,430
99	770	2,45	236,5	0,97	0,496
100	450	2,60	191,4	0,66	0,510
101	650	4,50	210,0	0,82	0,540



EK 15 2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.120	9,69	551,3	1,57	0,541
2	995	5,76	565,3	1,95	0,325
3	1.150	4,93	565,3	1,63	0,464
4	915	4,00	317,5	1,50	0,705
5	1.120	6,03	484,0	1,37	0,640
6	950	6,31	433,2	1,41	0,783
7	940	4,05	396,7	1,41	0,911
8	1.070	5,89	458,1	1,41	0,462
9	1.320	2,08	510,5	1,60	0,741
10	1.080	3,84	623,0	1,92	0,475
11	985	3,09	433,2	1,22	0,542
12	920	3,77	306,5	1,28	0,699
13	720	4,44	265,7	1,09	0,496
14	630	4,28	275,7	0,87	0,426
15	970	6,01	523,8	1,48	0,528
16	990	6,88	510,5	1,57	0,531
17	1.090	4,45	385,5	1,56	0,358
18	830	2,71	339,0	1,19	0,656
19	930	3,35	306,5	1,44	0,500
20	740	4,05	191,4	1,06	0,395
21	530	4,35	127,7	0,78	0,396
22	1.120	10,62	458,1	1,81	0,469
23	910	4,33	306,5	1,34	0,414
24	810	4,19	265,7	1,33	0,558
25	820	6,90	249,8	0,88	0,507
26	835	3,74	217,9	1,36	0,473
27	920	1,94	128,4	0,60	0,367
28	960	7,60	328,1	1,51	0,435
29	985	5,03	328,1	1,35	0,559
30	830	4,51	275,7	1,22	0,450
31	950	4,59	286,0	1,35	0,480
32	450	2,60	191,4	0,66	0,510
33	995	3,25	408,7	1,58	0,454
34	980	6,34	396,7	1,64	0,542
35	860	4,66	350,3	1,48	0,516
36	950	5,22	361,6	1,14	0,629
37	845	5,76	275,3	1,04	0,710
38	1.100	12,19	497,3	1,89	0,875
39	920	7,07	350,3	1,22	0,640

EK 15 2007 yılı I. dönem 100 m örnek aralığı toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

<b>ÖNO</b>	<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>
40	1.020	5,52	396,7	1,54	0,425
41	1.000	16,65	458,1	1,32	0,860
42	820	8,89	296,2	0,97	0,697

EK 16 2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.120	19,52	384,8	1,80	2,700
2	1.360	10,31	497,1	1,40	1,153
3	1.100	15,72	484,0	1,37	5,160
4	1.220	33,41	551,3	1,21	0,260
5	1.240	30,12	593,7	1,43	2,040
6	1.310	15,50	537,5	1,42	0,236
7	1.220	15,80	408,6	1,27	0,250
8	1.200	12,41	471,0	1,37	0,719
9	1.230	38,26	510,4	1,18	0,284
10	1.140	15,70	445,6	1,09	0,923
11	1.130	6,63	510,4	1,43	0,530
12	990	4,91	350,3	1,48	0,814
13	970	8,24	246,1	1,24	0,574
14	730	11,97	227,2	1,18	0,517
15	1.210	21,75	445,6	1,71	4,940
16	1.120	4,21	484,0	1,58	0,730
17	1.110	6,15	445,6	1,62	2,880
18	960	4,31	350,3	1,55	2,170
19	850	4,36	328,1	1,37	3,510
20	1.240	5,41	255,8	1,65	5,950
21	830	3,86	227,2	1,37	2,430
22	970	9,76	458,2	1,52	2,990
23	1.020	8,10	420,8	1,58	1,624
24	925	23,90	306,7	1,46	1,052
25	740	11,47	275,6	1,30	1,127
26	790	4,34	265,6	1,49	0,892
27	680	5,20	275,6	1,37	1,353
28	970	9,89	384,8	1,71	1,289
29	990	5,63	275,6	1,65	1,728
30	820	14,78	236,6	1,62	0,446
31	710	11,85	246,1	1,43	0,727
32	830	3,96	245,8	1,40	0,545
33	1.125	30,88	523,9	1,62	2,420
34	1.130	11,46	373,1	1,65	1,015
35	960	22,37	339,2	1,46	3,840
36	740	4,10	275,6	1,71	1,307
37	870	19,44	317,4	1,65	3,830
38	1.225	20,06	484,0	1,90	1,079

EK 16 2007 yılı III. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

<b>ÖNO</b>	<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>
39	1.030	21,05	384,8	1,71	4,650
40	950	21,38	361,7	1,77	4,860
41	920	25,42	396,6	1,68	2,540
42	860	19,91	306,7	1,43	7,350

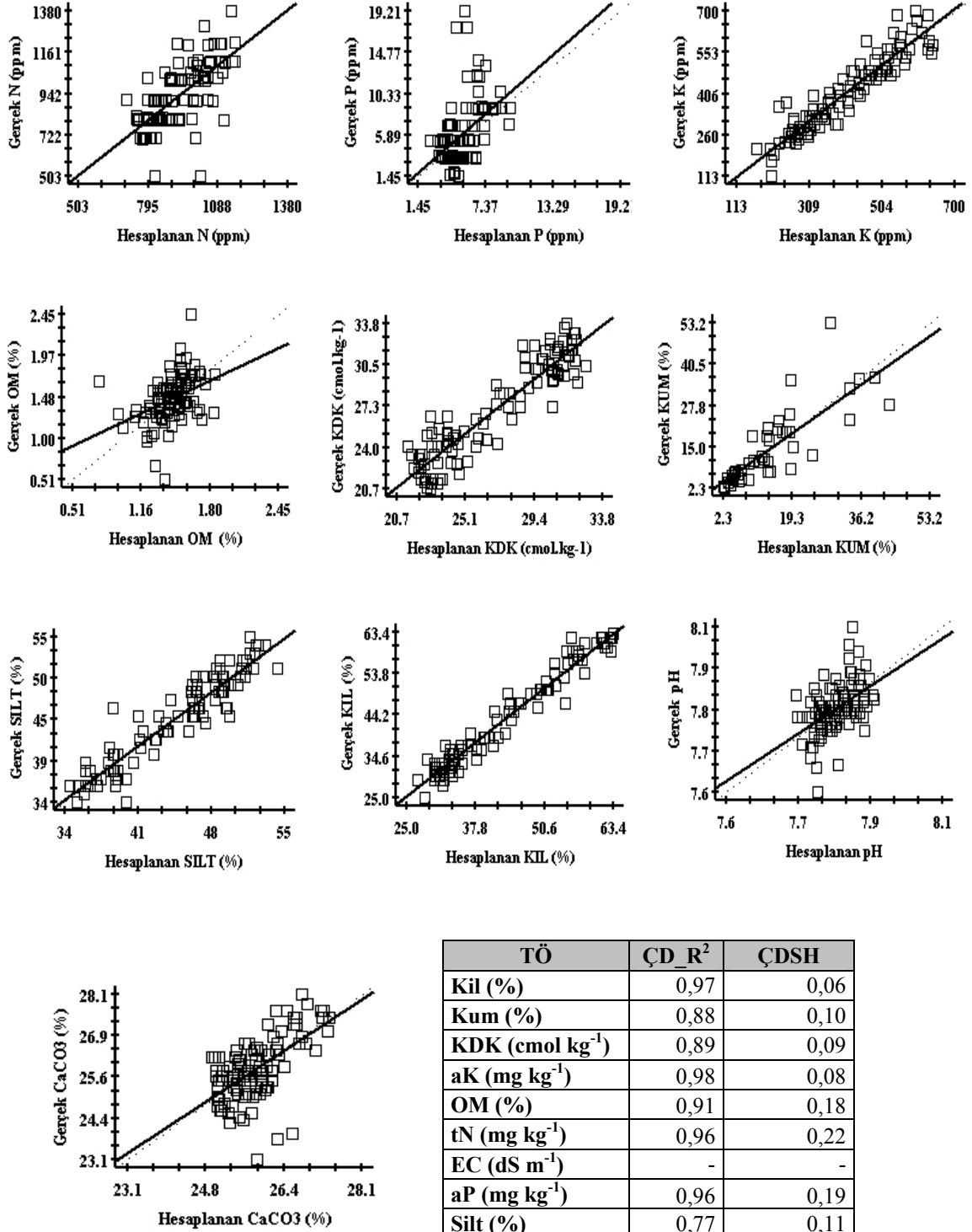
EK 17 2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları

ÖNO	tN (mg kg <sup>-1</sup> )	aP (mg kg <sup>-1</sup> )	aK (mg kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
1	1.020	12,42	484,8	1,73	0,540
2	1.140	11,67	551,3	1,88	0,450
3	1.130	6,38	484,0	1,68	0,430
4	1.320	8,26	484,0	1,95	0,532
5	1.120	7,72	470,7	1,85	0,586
6	1.310	13,55	497,1	2,24	0,654
7	1.170	11,93	458,2	2,28	0,512
8	890	6,92	445,6	1,82	0,511
9	1.020	5,01	433,1	1,49	0,574
10	920	4,87	420,8	1,72	0,656
11	930	5,15	373,1	1,85	0,563
12	1.140	6,38	306,7	1,62	0,432
13	910	8,26	227,2	1,39	0,510
14	1.120	12,87	408,6	1,85	0,532
15	1.230	13,55	420,8	1,52	0,514
16	930	12,87	384,8	1,62	0,376
17	840	4,21	317,3	1,52	0,453
18	865	5,69	296,1	0,99	0,426
19	860	3,79	296,1	1,32	0,623
20	670	2,71	174,5	0,83	0,423
21	1.130	15,18	433,1	1,49	0,367
22	960	5,55	361,7	1,65	0,465
23	910	2,99	265,6	1,72	0,545
24	840	4,33	285,8	1,16	0,895
25	870	4,33	255,8	1,35	0,421
26	460	1,62	113,5	0,63	0,490
27	670	5,69	373,1	1,65	0,623
28	940	3,67	265,6	1,45	0,483
29	980	3,39	255,8	1,12	0,435
30	720	3,53	236,6	0,83	0,712
31	820	3,53	200,1	0,96	0,543
32	810	1,76	127,7	0,56	0,457
33	920	6,92	296,1	1,19	0,561
34	1.010	2,99	246,1	1,02	0,516
35	920	5,97	275,6	1,25	0,623
36	930	6,52	209,0	1,09	0,432
37	640	1,48	1351,5	0,76	0,421
38	1.110	10,99	373,1	1,58	0,489

EK 17 2007 yılı IV. örnekleme dönemi toprak örnekleri analiz sonuçları (devamı)

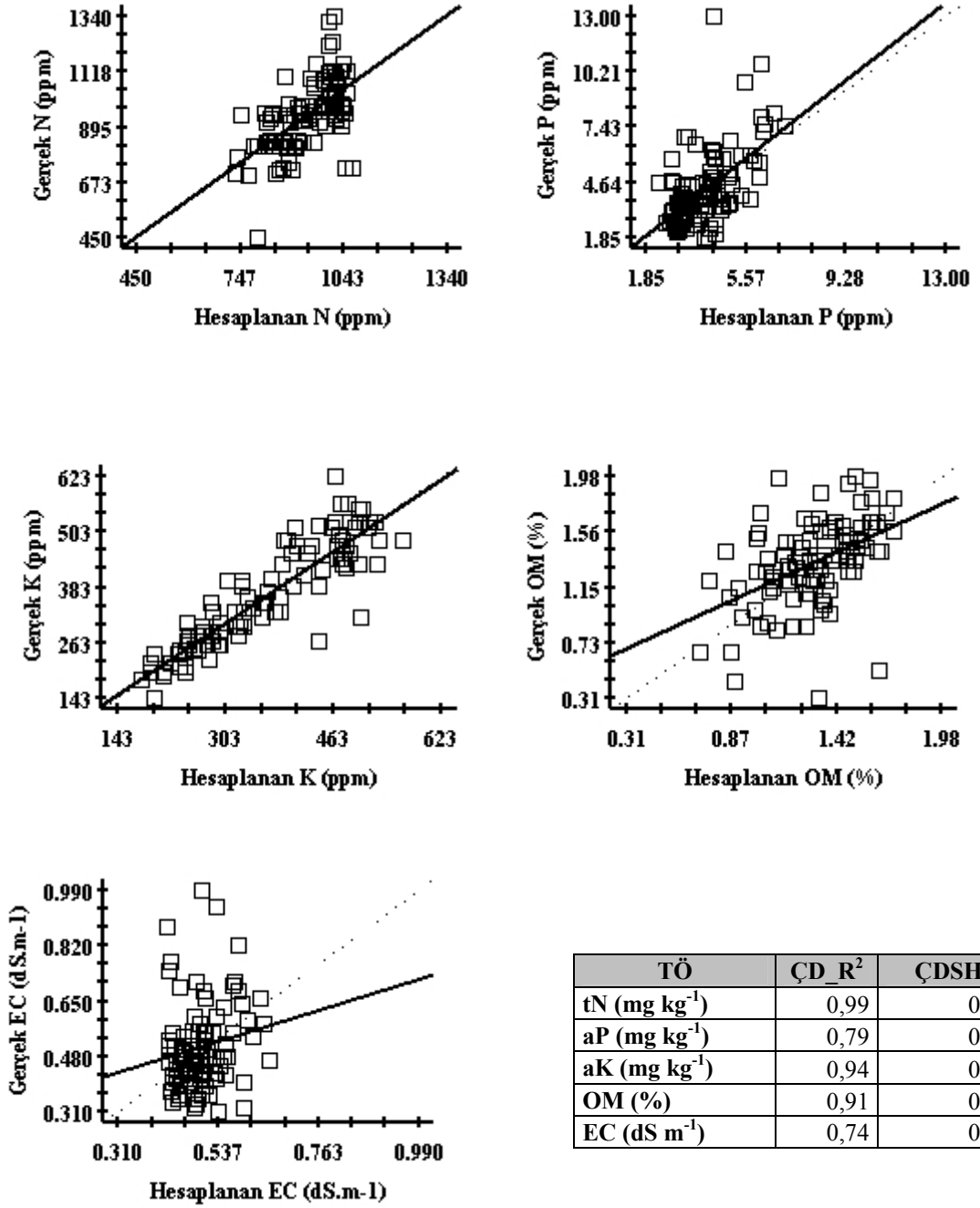
<b>ÖNO</b>	<b>tN (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aP (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>aK (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>EC (dS m<sup>-1</sup>)</b>
39	1.050	2,71	317,3	1,39	0,523
40	710	5,29	296,1	1,09	0,454
41	920	3,93	306,7	1,06	0,485
42	830	3,67	275,6	0,89	0,492

EK 18 Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD\_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2006)



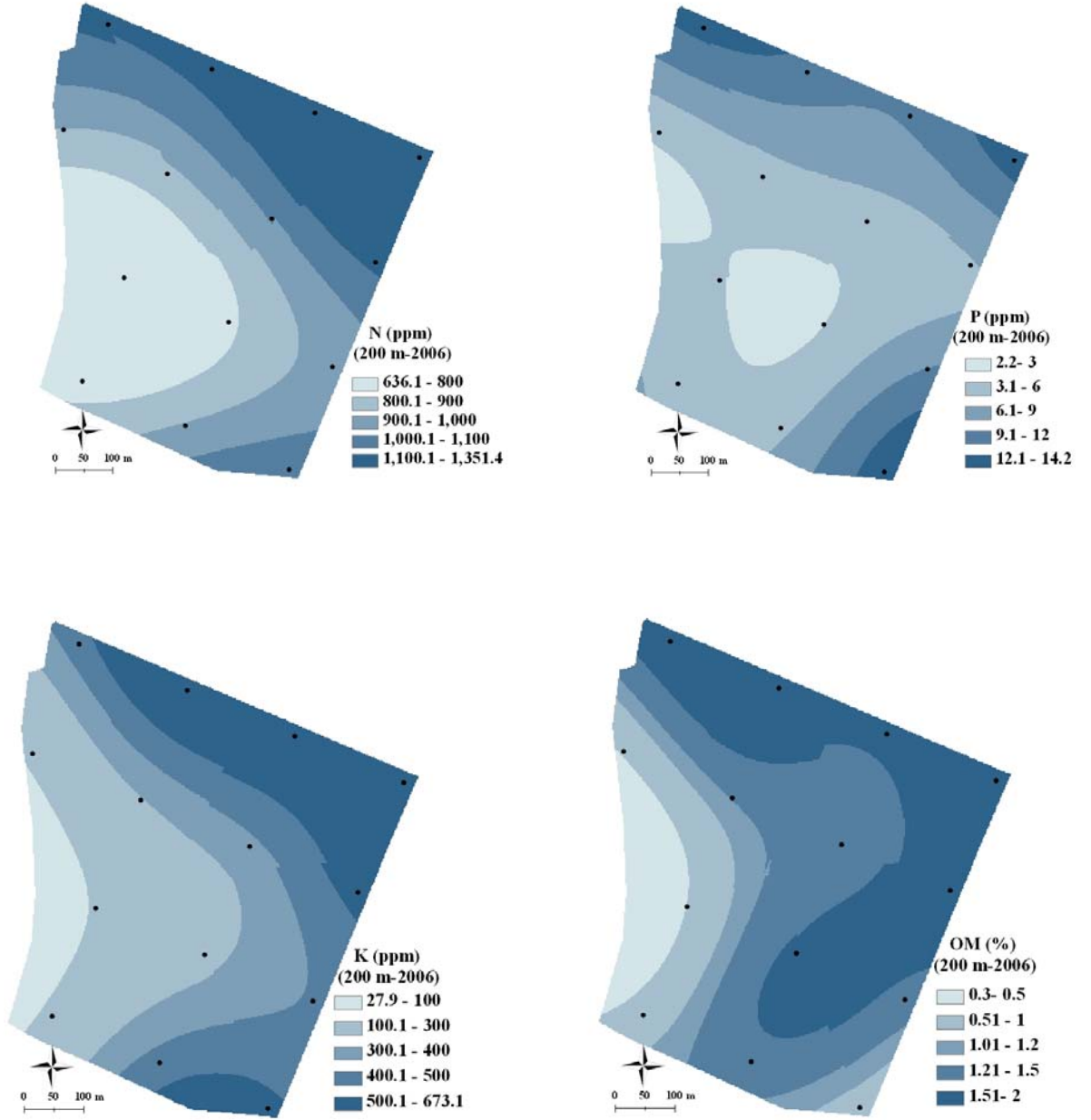
TÖ	ÇD_R <sup>2</sup>	ÇDSH
Kil (%)	0,97	0,06
Kum (%)	0,88	0,10
KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,89	0,09
aK (mg kg <sup>-1</sup> )	0,98	0,08
OM (%)	0,91	0,18
tN (mg kg <sup>-1</sup> )	0,96	0,22
EC (dS m <sup>-1</sup> )	-	-
aP (mg kg <sup>-1</sup> )	0,96	0,19
Silt (%)	0,77	0,11
pH	0,71	0,37
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,99	0,20

EK 19 Toprak özelliklerinin çapraz doğrulama grafikleri, çapraz doğrulama regresyon katsayıları (ÇD\_R2) ve standart hataları (ÇDSH) (2007)



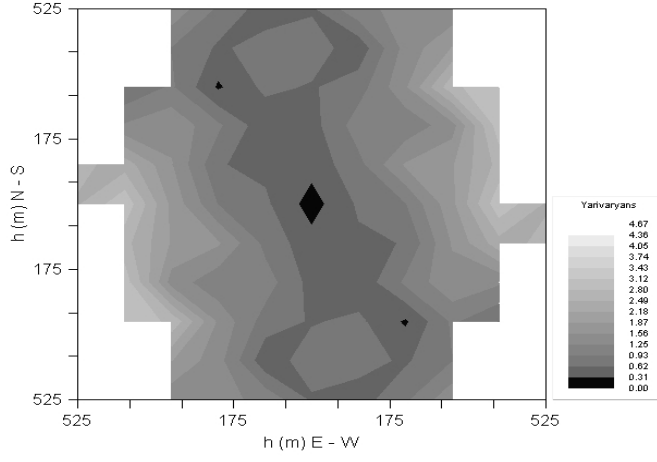


EK 20 Toprak özelliklerinin 200 m örnekleme aralığında krigleme mekânsal dağılımları

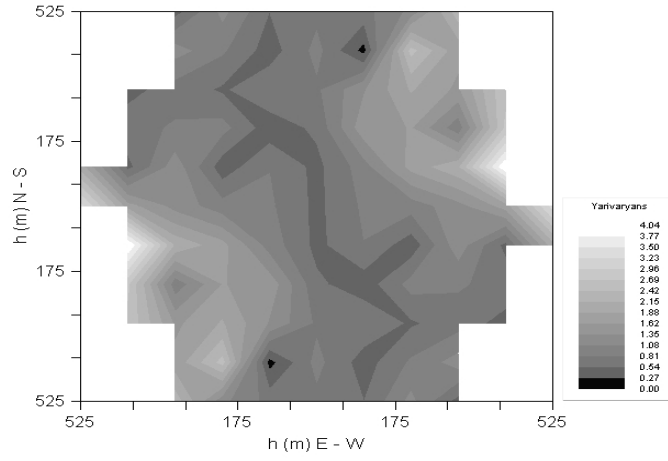


EK 21 Temel bileşenlerin (bileşen 1, bileşen 2, bileşen 3) varyogram haritaları

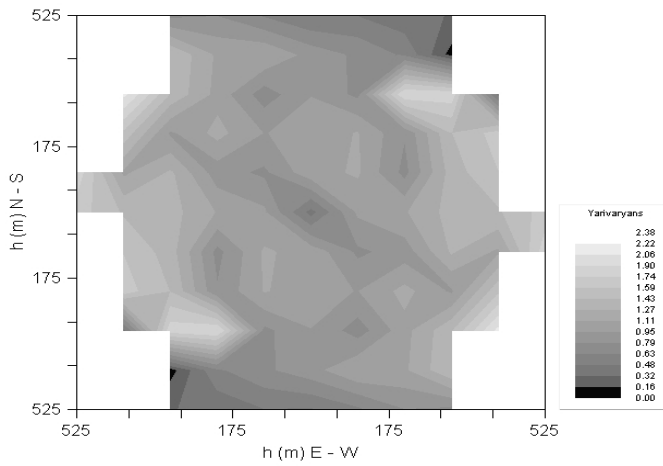
Bileşen 1



Bileşen 2



Bileşen 3



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Armağan KARABULUT  
Doğum Yeri : Tunceli  
Doğum Tarihi : 1970  
Medeni Hali : Bekâr  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mersin Dumlupınar Lisesi (1975–1988)  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Hidrojeoloji  
Mühendisliği Bölümü (1988–1994)  
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrojeoloji  
Anabilim Dalı (1994–1998)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fak., Hidrojeoloji Müh. Böl., Araştırma Görevlisi,  
Ankara (1996 – 2000)

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Ankara  
(2000 – 2005)

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı- Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü-Toprak Gübre  
ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü (2005-)

European Commission, Joint Research Center, Institute for Environment and  
Sustainability, Rural Water and Ecosystem Resources Unit, Visiting Scientist  
İspra İtalya. (2007- 2008).

### Yayınları

**Karabulut A.** Arıkan A., 1998. Güvenç Havzası Dağınık Parametrelili Matematiksel  
Hidrolojik Modellemesi ve Kavramsal Yapısı, 3<sup>rd</sup> Ulusal Hidrometeoroloji  
Kongresi, ANKARA

**Karabulut A.**, Arıkan A., Tezcan L. 1999. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak  
Dağınık Parametrelili Hidrolojik Model Uygulaması, 52<sup>nd</sup> Ulusal Jeoloji Kurultayı,  
Ankara.

- Karabulut A.**, Arıkan A. 2000. GIS Applications In Distributed Hydrological Modelling, 2<sup>nd</sup> International Conference on GIS for Earth Science Applications, Menemen, Izmir.
- Turker, U., Güçdemir İ ve **Karabulut, A.** 2004. Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal mekanizasyon 21.Ulusal Kongresi. Sunulu Bildiri. Sayfa: 326-334, 3-5 Eylül 2003. Konya.
- Türker, U., Güçdemir, İ., **Karabulut, A.** 2004. Atatürk Orman Çiftliğinde Nadas-Tahıl Sisteminde Küçük Ölçekli Alansal Değişkenliğin Hassas Tarım Teknolojilerinden Yararlanarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi Temmuz sayısı. Vol:10, sayı:3 sayfa 305-312. ISSN:1300-7580.
- Karabulut, A.**, Akıncı, M., Madenoğlu, S. 2004. Ankara-Güvenç Gölet Havzası Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Su Erozyonu Sediment Korunumu Çalışması (I), IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, ITU, İstanbul.
- Akıncı, M., **Karabulut, A.**, Madenoğlu, S. 2004. Ankara-Güvenç Göleti Su Toplama Havzası Sediment Birikimi Sorununu Önleme Amaçlı Fildöfer Uygulama Çalışmaları ve Sosyo-ekonomik Değerlendirmesi (II), IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, ITU, İstanbul.
- Güçdemir, İ., Türker, U., **Karabulut, A.**, Arcak, Ç., 2004. Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerinde bir çalışma. 3. Ulusal Gübre Kongresi. S 1005-1015, Tokat.
- Eyüboğlu F., Kalınbacak K., **Karabulut A.**, Usul M., Madenoğlu S., Çizikçi S., 2004. Türkiye Büyük Millet Meclisi Peyzaj Alanı Topraklarının Verimlilik Durumu, TBMM Basımı, Ankara.
- Arcak Ç., Keçeci M., Usul M., **Karabulut A.**, 2004. Atatürk Orman Çiftliği Detaylı Toprak Etüdü ve Haritalaması. T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Gn.Md., Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü yayını, Ankara.
- Çizikçi, S., **Karabulut A.**, Ergül, F. 2005. Kesikköprü – Köprüköy Ovasında TETrans-Geo Bilgisayar Modeli ile Toprak Profiline Biriken ve Yeraltısuyu Kirliliğine Neden olan Tuz ve Bor Kapsamının Belirlenmesi, Köy Hizmetleri Gn.Md. yayınları.
- Turker, U., Güçdemir İ., **Karabulut, A.** 2007. Small scale site specific variability influencing winter wheat yield in dry-land Central Anatolia. European Congress of Precision Farming, 4-7 June, Greece.
- Karabulut, A.**, Turker, U., Güçdemir İ., Arcak, Ç. 2008. A Geostatistical Investigation on Spatial Variability of Soil Phosphorus and Wheat Yield in Semi-Arid Central Anatolia, The 6<sup>th</sup> International Symposium Agro Environ, Antalya.