



## TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN HARİTALANMASINDA JEOİSTATİSTİKSEL TEKNİKLERİN KULLANIMI

### USING GEOSTATISTICAL TECHNIQUES IN MAPPING SOIL PROPERTIES

**Fevzi Akbaş**

*Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Tokat*

**Hakan Yıldız**

*Tarım Bakanlığı  
Uzaktan Algılama ve CBS Merkezi Ankara*

#### ÖZET

Doğal toprak oluşumu ve insan aktivitelerinin farklı mekansal ve zamansal etkilerinin bir sonucu topraklar değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik toprak etüt ve haritalama çalışmaları ile üretilen farklı ölçeklerdeki haritalar ile yansıtılmaktadır. Farklı ölçeklerde üretilen toprak haritalarından çok farklı disiplinlerdeki kullanıcılar yararlanmaktadır. Toprak haritalarındaki veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile haritalama birimlerinin ilişkisel tablosunda tutulabilmekte ve her türlü mekansal analize imkan sağlamaktadır. Bu çalışma ile daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir arazide seçilen test alanında (400x800 m) yüzey toprağın bazı özelliklerinin değişiminin jeostatistiksel teknikler (kriging enterpolasyonu) yardımıyla haritalanması amaçlanmıştır.

Çalışma alanına ait temel toprak haritası sayısallaştırılıp bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Araziden 25x25 m alınan örnekler ve temel toprak haritası IKONOS uydu görüntüleri yardımıyla rektifiye edilmiştir. Toprak özellikleri değişimi kriging tahmin metodu ile haritalanmış ve toprak sınırları ile karşılaştırılmıştır.

Haritalanan özelliklerin temel toprak haritası ile benzerlikleri ve bu haritalama tekniğinin ve toprak haritalarının CBS çalışmalarındaki kullanımında etkinliğinin tartışılmıştır. Ayrıca toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde istenilen değişkenlere ait jeostatistik yöntemlerle ile haritalar üretilebileceğine bir örnek teşkil etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Temel toprak haritası, Kriging, CBS*

#### ABSTRACT

Soils show variations as a result of natural soil forming processes and human activities reflected in different spatial and temporal scales. These variations were prepared soil maps having different scales. These soil maps were used by specialists in very different disciplines. Data extracted from soil map can be attached to attribute tables of soil mapping units in Geographical Information Systems (GIS) studies and this makes possible every kind of spatial analysis. With this study, it is aimed to map variability in some properties of surface soil with the help of geostatistical techniques (kriging interpolation) and compare resulting maps with the soil map. For this research, a test area (400x800 meter) selected in a field detailed soil map prepared previously.

Detailed soil maps belong to the study area digitized and transferred to computer environment. Soil samples collected 25x25 m grid sample design were rectified with help of detailed soil map and IKONOS satellite images. Variability of soil properties mapped using kriging enterpolation methods and borders of soil series overlaid these maps.

Although some maps prepared using geostatistical techniques are similar to the detailed soil map, they are superior to soil maps by showing variability within map units. Soil maps prepared with geostatistical techniques are ready to use in the GIS environment. Areas which detailed soil map has



*not been prepared, geostatistical techniques can be used to produce maps. Intensive sampling (data collecting), more complicated technical knowledge and special software requirement are disadvantages of these techniques.*

**Key Words:** Soil Map, Geostatistics, Kriging, GIS

## 1.GİRİŞ

Doğal toprak oluşumu ve insan aktivitelerinin farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde etkilerinin sonucu topraklar değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik toprak etüt ve haritalama çalışmaları ile üretilen değişik ölçeklerdeki haritalar ile yansıtılmaktadır. Basılmış temel toprak haritaları ve etüt raporları farklı alanlardaki kullanıcılar tarafından belli amaca yönelik hazırlanan yorum haritaları ve arazi kullanım uygulamalarında kullanılmaktadır.

Son yıllarda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) uygulamaları kamu kuruluşları ve belediyelere bağlı olan doğal kaynak, arazi kullanım planlayıcıları ve çevre koruma birimleri tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Toprak etütleri sonucu üretilen temel toprak haritaları ve sonuç raporları da CBS uygulamalarının sıklıkla kullanılan bir bileşenidir (Hammer et al., 1991).

Mulla and Mc Bratney (2000), toprak değişkenliğinin tamamının toprak etüt haritalama ve sınıflama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritalama üniteleri tarafından tanımlanamadığını bildirmektedirler. Araştırmacılara göre iki çeşit değişkenlik söz konusudur. Haritalama üniteleri içinde, sınıflama ve haritalamadaki hatalardan kaynaklanan değişkenlik birinci kısmı oluşturmaktadır. Yürütülen düzenli etüt çalışmaları sonucu genellikle 1:24.000 ölçekli toprak haritalarının üretildiği ABD’de, seri düzeyinde ayrıntı içeren haritalarda, haritalama ünitelerinin değişik oranlarda benzer olmayan katılımlar içerdiği bildirilmektedirler. Haritalama üniteleri içinde değişkenliğin ikinci nedeni ise insan tarafından amenajman çalışmaları sonucu oluşmaktadır. Uygulanan amenajman ile çoğu özelliklerin değişkenliği genellikle haritalama üniteleri içinde üniteler arasında göre daha azdır. Bununla birlikte, ünite içi değişkenlik üniteler arası değişkenlikten daha fazla olabilmektedir. Toprak amenajmanından en çok etkilenen toprak özellikleri, morfolojik (renk, A horizonu kalınlığı), fiziksel (strüktür ve hacim ağırlığı) ve kimyasal (makro ve mikro besin elementlerinin elverişli miktarları, pH ve EC) özelliklerdir. Örneğin çiftlik gübresinin uygulanması toprakta besin elementi seviyesi ve elektriksel iletkenlik değerlerinde, uygulanmayan alanlara göre önemli artışa neden olmaktadır. Toprak etüt ve sınıflama sistemi bu kriterleri (besin elementi ve EC) kullanmamaktadır. Diğer bir örnek ise, sanayi bölgelerinden rüzgar ile mikro elementlerin taşınım topraklardaki miktarlarının sınır değerlerin üstüne çıkmasıdır. Bu şekilde toprakların doğal özelliklerinde değişkenliği arttıran insan etkisine daha bir çok faktör eklenebilir. Toprakların işlenmesi, sulama ve drenaj uygulamaları, gübre ve pestisit kullanımı, ürün rotasyonu, araziye katı atık depolanması, endüstriyel çözücülerin ve madencilik artıklarının boşaltılması ve septik tanklarının oluşturulması bunlara örnek olarak verilebilir (Mulla and Mc Bratney, 2000).

Toprak etüt ve haritalama çalışmaları sonucu üretilen toprak haritaları ve bununla ilişkili sunulan çizelgeler kullanıcılar için toprak veri tabanı oluşturmaktadır. Bu veri tabanı çevresel etkilerin modellenmesinde, değişik mühendislik dallarında ve doğal kaynakların planlanması ve korunması çalışmalarında kullanılmaktadır. Topraklara ait verileri genellikle toprak haritalarının sayısallaştırılması sonrası istenilen veri ile ilgili katmanlar oluşturulması yoluyla elektronik ortama aktarılmaktadır. Raporların doğruluğu, detay ve içerdiği ilave bilgilerin zenginliği, bu amaçla sonraki kullanımlar için geçerli sonuçlar alınmasını sağlamaktadır (Rogowski and Wolf, 1994).

Son yıllarda CBS teknolojilerinin toprak ile ilişkili uygulamalarında, toprak etütleri sonucu verilen bilgiler yetersiz kalmakta ve ilave bilgiler sağlanması yönünde talepler



artmaktadır. Modelleme çalışmalarında, (su akış modellenmesi ve noktasal kaynaklı olmayan (belirsiz) kirlilik çalışmaları gibi) modellerin doğrulanması için yoğun arazi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip kullanımda bir alan, katman veya hacimdeki toprakta uzaysal olarak değişken olan toprak verileri gruplandırılmalı, işlenmeli, ortalama değerleri alınmalı, yada toprak özellikleri için benzerlik ve farklılıkları ortaya koyacak belli bir skalaya dönüştürülmelidir. Böylesi gruplamaların, belirli bir derecede güven sınırları içinde yapılması, toprakların uzaysal değişken bileşenleri hakkındaki bilgileri gerektirmektedir (Young et al., 1998; Rogowski and Wolf, 1994; Brown and Huddleston, 1991).

Geleneksel toprak etütleri bu tür uygulamalarda talep edilen verilerin temel kaynağıdır. Bununla birlikte standart toprak etütleri çevresel modelleme ve amenajman ile ilgili çalışmalarda gerekli olan detaylı (yüksek çözünürlükte) bilgileri sağlamak üzere dizayn edilmemişlerdir (Zhu et al., 2001).

Ülkemiz ve diğer ülkelerdeki toprak haritalarının hazırlanmasındaki metot ve üretilen haritaların kaliteleri açısından da farklılıklar mevcuttur. ABD’de tarım yapılan alanların tamamında, özel alanların %91’inde ve tüm ülke için %76’lık kısmında toprak etütleri tamamlanmıştır. Yayımlanan raporlar genellikle 1:15840 veya 1.24000 ölçeğinde olup oldukça kapsamlı bilgiler içermektedir. Avrupa ülkelerinde de benzer durum söz konusudur (Bathgate and Duram, 2003). Ülkemizde ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne belirli bölgeler için 1:100.000 ölçekli eski sınıflama sistemine göre hazırlanmış toprak haritaları (bazı küçük alanlarda yapılan çalışmalar ve birkaç büyük proje hariç) tek veri kaynağıdır. Bu haritalardan sadece toprak derinliği, eğim, erozyon derecesi, drenaj, tuzluluk, alkalilik, taşlılık, kayalılık, arazi kullanım kabiliyet sınıfı, alt sınıfı ve arazi kullanım durumu bilgileri sağlanabilmektedir. Bu haritalar sağladıkları bilgiler ile ve ölçekleri nedeniyle detaylı çalışmalar için kullanılamamaktadır. Bu eksiklik görülerek bu yıl Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü “Türkiye Topraklarını Tanıyacak” isimli bir proje ile yeni bir çalışma başlatmıştır. Ayrıca Ziraat Fakültelerinin Toprak Bölümlerince yapılan proje ve diğer çalışmalar ile toprak etütleri yapılmakta temel toprak haritaları ve raporlar üretilmektedir. Bu çalışmalar bu yöndeki ihtiyacı karşılamaya yönelik olmasına rağmen genel anlamda problem devam etmektedir.

Bu çalışma ile daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanmış bir alanda bazı yüzey toprak özelliklerini jeoistatistiksel teknikler yardımıyla haritalanmış ve üretilen haritalar ile temel toprak haritasının benzerlikleri ve farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Jeoistatistiksel tekniklerin toprak özelliklerin haritalanmasında kullanımı ve toprak özelliklerine ait verilerin sağlanmasına yönelik çalışmalara örnek olabileceği gösterilmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

Çalışma alanı Tokat ili Meyvecilik Üretim İstasyonuna ait daha önce detaylı toprak haritası yapılmış Entisol ordosuna ait bir alandır. Meyvecilik Üretim İstasyonu, Tokat il merkezinin kuzeybatısında Eski Turhal yolu üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanı denizden 580 m yükseklikte olup, yaklaşık olarak 40°20’ kuzey enlemi, 36°32’doğu boylamında bulunmaktadır. Meyvecilik Üretim İstasyonunun toplam arazisi 105 ha olup, bu çalışma üretim istasyonunun 32 ha’lık bir kısmında yürütülmüştür. Tokat ili yarı kurak karakterli geçit bölgesi koşullarının etkin olduğu bir iklime sahip olup yazlar sıcak ve kurak kışlar soğuk ve yağışlıdır. Otuzbeş yıllık gözlemlere göre yıllık ortalama yağış 445.3 mm’dir. Çalışma alanının toprak nem rejimi ustik ve toprak sıcaklık rejimi ise mesicidir (Yıldız, 1997).

Çalışma alanında 4 farklı haritalama ünitesi yer almaktadır. Bunların üç tanesi yapılan detaylı toprak etüdü sırasında toprak serisi olarak, diğeri de özel arazi tipi olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır. Özel arazi tipi olarak haritalanan nehir sırtı harita ünitesi toprak oluşumu tam



olarak gerçekleşmemiş genç nehir depozitleridir. Yeşilırmağa en yakın konumda olan ve kaba tekstüre sahip olan bu ünite de etüd sırasında profil açılıp tanımlama yapılmamıştır.

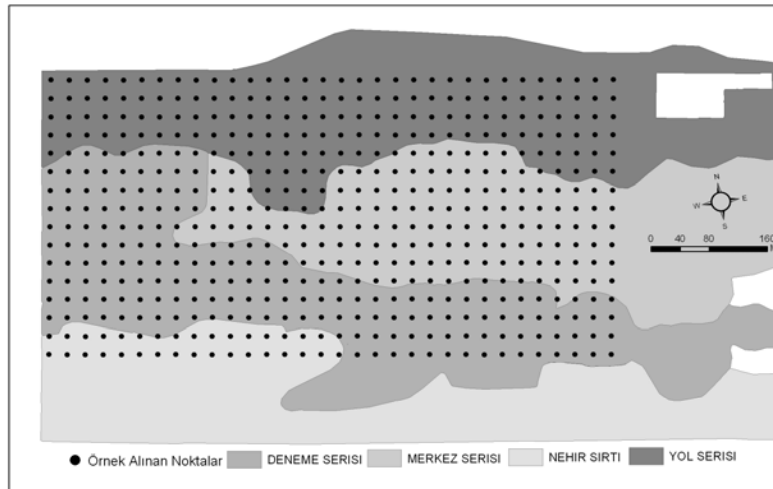
Detaylı etüd çalışması sırasında Deneme serisi olarak tanımlanan haritalama ünitesi genç nehir terası üzerinde gelişmiş olup Ap, A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> harizonlarına sahiptir ve Toprak Taksonomisine göre (Soil Survey Staff, 1999) Mollic Ustifluent olarak sınıflandırılmıştır. Merkez Serisi nehir terası üzerinde gelişmiş olup Ap, A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> harizon dizilimine sahiptir ve Toprak Taksonomisine göre Typic Ustifluent olarak sınıflandırılmıştır. Yol serisi toprakları toprakları Ap, Ad, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> harizon dizilimine sahip ve Toprak Taksonomisine göre Typic Ustorthent olarak sınıflandırılmıştır (Yıldız, 1997).

## 2.2. Metod

Toprak örnekleri, daha önce detaylı temel toprak haritası hazırlanan Meyvecilik Üretim İstasyonunda 800x400m boyutlarında bir alandan yüzey 0-30 cm'den alınmıştır. Çalışmaya konu olan haritalama üniteleri Yeşilırmağa paralel olarak uzanmaktadır. Örnekleme metodu olarak kare grid metodu (25x25 m) kullanılmıştır (Şekil 1). Toprak örnekleme işlemi Ekim 2000'de 32 ha'lık bir alanda yapılmıştır. Alınan toplam örnek sayısı 512'dir. Toprak örneklerinde kireç, organik madde, değişebilir katyonlar (Ca, Mg, K ve Na), EC, pH ve tekstür analizleri yapılmıştır (Kacar, 1994; Nelson and Sommers, 1982; Thomas, 1982; Hendershot et al., 1993; Janzen, 1993; Gee and Boudier, 1986).

Çalışma alanına ait temel toprak haritası sayısallaştırılmış ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışma alanına ait 1x1 m çözünürlükteki coğrafi düzeltmesi yapılmış Tokat belediyesine ait IKONOS uydu görüntüsü kullanılarak daha önce sayısallaştırılmış olan temel toprak haritası gerçek koordinat düzlemine oturtulmuştur.

Çalışma alanında toprak özelliklerinin haritalanmasında jeoistatistiksel teknikler kullanılmıştır. Haritalanacak özelliklere ait izotropik semivariogramlar GS<sup>+</sup> 5.3b (GS<sup>+</sup>, 2000) paket programı kullanarak modellenmiş ve modellere ait nugget (Co), sill (Co+Cs), range değerleri elde edilmiştir. Jeostatistik değerlendirme sonucu elde edilen parametreler ArcGIS paket programı (ESRI, 2001) Jeostatistik Extensionu kullanılarak (Şekil 2) krigleme haritaları üretilmiştir. Krigleme, ordinary kriging yöntemi ile yapılmış ve 20 komşu nokta kullanılarak tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kriging haritaları ArcGIS paket programında çalışma alanının toprak haritası ile karşılaştırılmış ve toprak sınırları üretilen kriging haritaları üzerine oturtulmuştur.



Şekil 1. Örnekleme düzeni  
Figure 1. Sampling design

### 3.ARAŞTIRMA SONUÇLARI

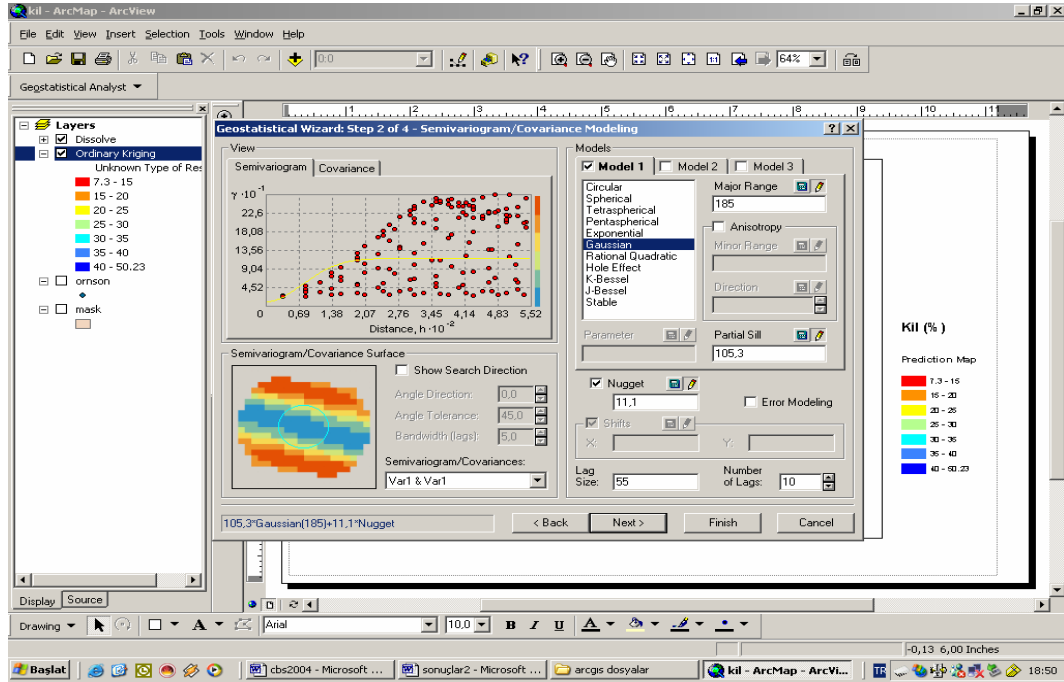
Her bir toprak özelliği için haritalamada kullanılacak jeoistatistik parametreler GS<sup>+</sup> 5.3b programı yardımıyla elde edilmiştir (Tablo 1). Elde edilen bu parametreler ArcGIS Jeoistatistik modülündeki yer alan ordinary kriging metodu uygulanarak haritalanmıştır (Şekil 2). Elde edilen haritalardan örnek olarak 6 tanesi (Şekil 3-8) burada verilmiştir.

Tablo 1. Jeoistatistik değerlendirme için yapılan izotropik semivariogram analizi sonucu elde edilen modeller ve bileşenleri<sup>§</sup>

Table 1. Model and their components as a result of isotropic semivariogram analysis for geostatistical evaluations

	Model	Nugget (Co)	Sill (Co+Cs)	Range (m)	Nugget/sill (%)	r <sup>2</sup>	RSS
Kireç(%)	Küresel	0,027	1,62	316,6	1,67	0,994	0,022
Org.Mad.(%)	Küresel	0,10	0,35	237,9	28,57	0,995	3,74x10 <sup>-4</sup>
Değ.Ca(cmolk <sup>-1</sup> )	Küresel	0,78	8,26	370	9,44	0,969	3,49
Değ.K(cmolk <sup>-1</sup> )	Küresel	0,033	0,067	369,3	49,25	0,987	2,66x10 <sup>-5</sup>
Değ.Mg(cmolk <sup>-1</sup> )	Küresel	0,127	0,444	297	28,6	0,915	0,017
Değ.Na(cmolk <sup>-1</sup> )	Üssel	0,00004	0,00044	25,6	9,09	0,774	8,39x10 <sup>-9</sup>
KDK(cmolk <sup>-1</sup> )	Küresel	0,85	12,04	358	7,06	0,961	10,6
pH	Küresel	0,0034	0,02	62,1	17	0,956	2,02x10 <sup>-6</sup>
EC(dSm <sup>-1</sup> )	Küresel	2450	5756	116,6	42,56	0,979	1,36x10 <sup>5</sup>
Kil (%)	Gaussian	11,1	116,4	185	9,54	0,949	1596
Silt(%)	Küresel	18,82	37,65	330	49,99	0,970	16
Kum(%)	Küresel	10,8	128,5	341	8,41	0,945	1607

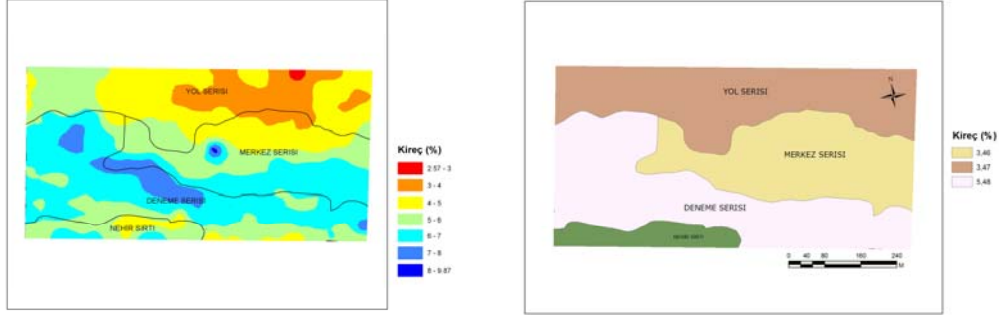
<sup>§</sup> İncelenen her bir özellik için örnek sayısı 512'dir.



Şekil 2. Haritalamada kullanılan ArcGIS jeoistatistik modülüne ait pencere (yüzey toprak kil miktarının haritalanması için jeoistatistik modülü ile yapılan modelleme)

Figure 2. A scene of ArcGIS geostatistics module used for mapping (geostatistical modelling and mapping for surface soil clay content)

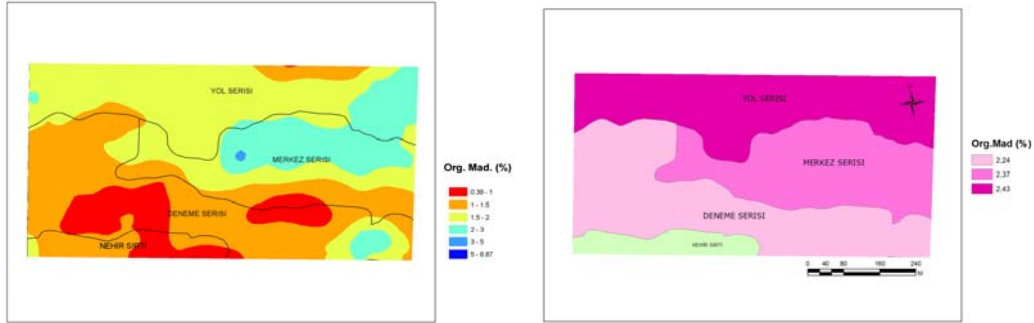
Çalışma alanında jeoistatistik tekniklerle üretilen haritaların hemen yanında ise temel toprak haritasından ve etüt raporundan elde edilen değerlerle CBS ortamında hazırlanan haritalar verilmiştir. Çalışılan toplam 12 özellik olmasına rağmen burada kireç (Şekil 3) , organik madde (Şekil 4), KDK (Şekil 5), pH (Şekil 6), kil (Şekil 7) ve kum (Şekil 8) içeriğine yönelik haritalar örnek olması açısından verilmiştir.



a

b

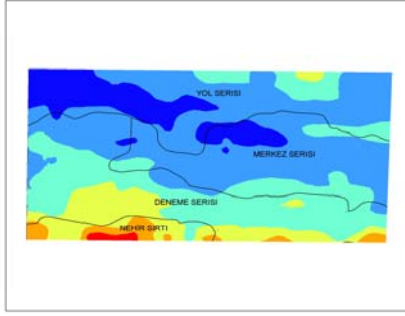
Şekil 3. Çalışma alanında kireç içeriğinin değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita  
 Figure 3. Variations of lime content in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report



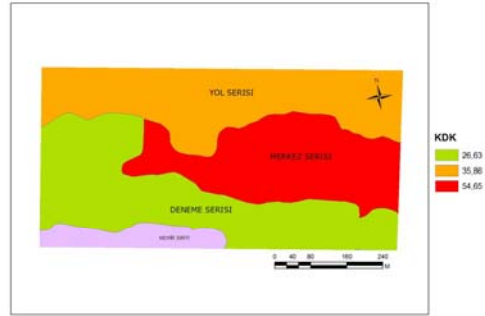
a

b

Şekil 4. Çalışma alanında organik madde içeriğinin değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita  
 Figure 4. Variations of organic matter content in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report



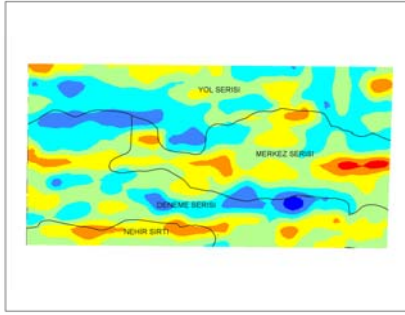
**a**



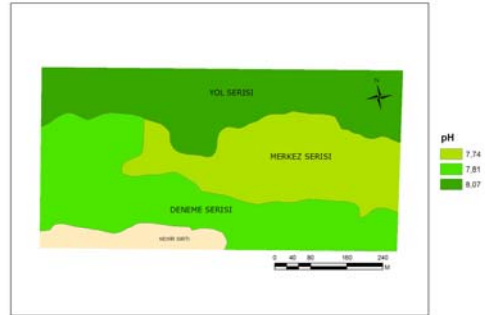
**b**

Şekil 5. Çalışma alanında KDK'in değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita

Figure 5. Variations of KDK in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report



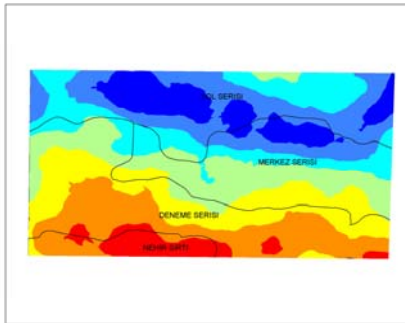
**a**



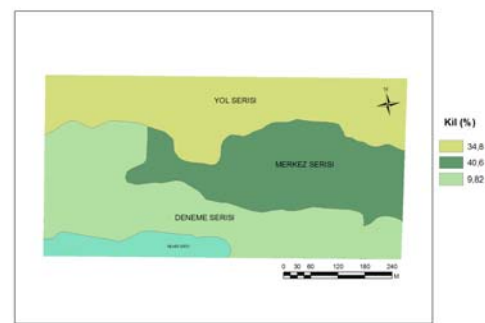
**b**

Şekil 6. Çalışma alanında pH'nın değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita

Figure 6. Variations of pH in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report



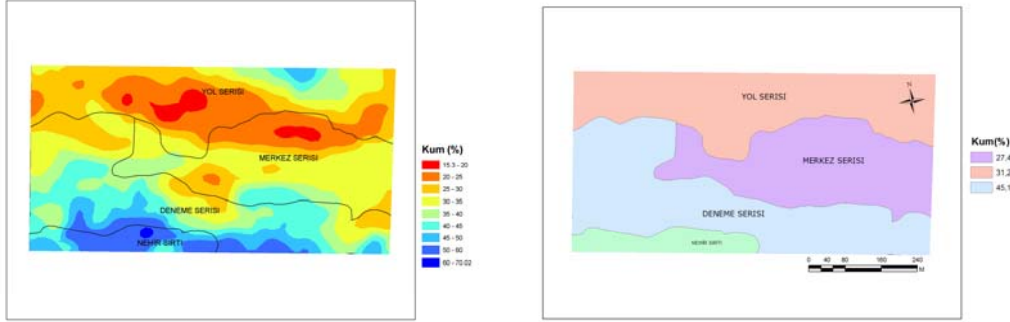
**a**



**b**

Şekil 7. Çalışma alanında kil miktarının değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita

Figure 7. Variations of clay content in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report



Şekil 8. Çalışma alanında kum miktarının değişimi a.) Jeoistatistik tekniklerle üretilen harita b.)Toprak haritası ve raporundan elde edilen harita  
 Figure 8. Variations of sand content in the study area a.) map produced with geostatistics techniques b.) map produced from soil map and report

Bu çalışma için hazırlanan ve örnek olarak verilen haritalar incelendiğinde (Şekil 3-8) ordinary kriging tekniği ile hazırlanan haritalarda toprak özelliğinin değişimi izlenebilmekte ancak detaylı toprak haritasının CBS ortamına aktarılması ile elde edilen haritalarda, harita birimleri içindeki değişim görülememektedir.

Jeostatistik tekniklerle hazırlanan haritalardan örnek olarak yüzey toprak kil içeriği incelendiğinde (Şekil 7), Yol serisi haritalama ünitesinde kil miktarı %34.8 iken arazide yapılan örnekleme sonucu üretilen haritalarda ise bu değer %26-50 arasında değişmektedir. Merkez serisi haritalama ünitesinde etüt raporundan alınan değere göre kil miktarı %40.6, diğer metottaki değerlere göre ise kil miktarı %20-50 arasında değişmektedir. Deneme serisinin etüt raporunda elde edilen sonuca göre kil miktarı %9.82, yapılan haritalama ile bulunan değerler %7.3 ile 35 arasında değişmektedir. Ancak burada sadece yüzey toprak için bir kıyaslama yapıldığı da unutulmamalıdır.

Geleneksel toprak etütlerinde haritalama ünitelerini temsil için açılan profillerden yapılan tek nokta örnekleme sonucu elde edilen değerlerin gerçekte ünite içinde belli bir değişime sahip olduğu açıktır. Bu sonucu destekleyen ve toprak haritalarının bu tür değişkenliği yansıtmadığına dikkat çeken oldukça fazla sayıda literatür vardır (Mokma, 1987; Nordt et al., 1991; Wilding et al., 1994; Mulla and Mc Bratney; 2000).

Bu alanda daha önce hazırlanan 1/2000 ölçekli toprak haritası oldukça detaylıdır. Detaylı etüd çalışmalarında üretilen haritalarda dahi harita birimleri içi değişkenliği ortaya koymak çalışmanın metodolojisi açısından mümkün olmamaktadır. Ülkemiz koşullarında üretilen 1:100.000 ölçekli sınırlı bilgi sağlayan haritalardan sağlanan verilerin detaylı çalışmalar için kalite düzeyinin oldukça eksik ve yetersiz kalacağı açıktır.

Detaylı toprak haritalarında yer alan sınırlar toprak serileri ve bunlara ait fazlardır. Haritalar bu sınırlar temel alınarak sayısallaştırılıp CBS ortamına aktarılarak kullanılmaktadır. Bu sınırlar içinde haritalama ünitelerinin homojen olduğu kabul edilip sonraki değerlendirmeler bu doğrultuda yapılmaktadır. Ancak bu çalışmada yüzey toprağa ait üretilen haritalarda, toprak özellikleri belli ölçüler dahilinde değişkenliğe sahip olduğunu göstermektedir. Arazide ve bürolarda yapılan işlemler sonucu hazırlanan toprak haritaları kullanım açısından en önemli veri kaynağı olmalarına rağmen toprak özelliklerine ait değişimleri minimum, maksimum ve ortalama değer gibi verileri bünyesinde bulundurmaması bir eksiklik. Jeostatistik tekniklerle hazırlanan haritalarda bu tür verileri sağlamak oldukça kolaydır. Ayrıca jeostatistik tekniklerle



haritalama yapmak üzere veri toplandığında amaca yönelik (belli bir özelliğe ait alt sınır değeri, kritik değer gibi) özel haritaların hazırlanması da mümkündür.

Temel toprak haritası hazırlanmamış bölgelerde toprak özelliklerine ait bilgilere ihtiyaç duyulduğunda araziden örneklemeyle veri toplayıp, bu verileri jeoistatistik teknikler yardımıyla işlenip haritalar hazırlanabilir. Hazırlanan haritalar CBS ortamına aktarılıp istenilen amaca yönelik olarak kullanılabilir. Ancak; yoğun örnekleme yapılması, verilerin toplanıp işlenmesi için teknik bilgi ve çeşitli yazılımlara ihtiyaç duyulması bu tekniklerin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

**BATHGATE, J.D., DURAM, L.A., 2003.** A Geographic Information Systems Based Landscape Classification Models to Enhance Soil Survey: A Southern Illionis Case Study. Jour. Of Soil and Water Cons. 58:119-127

**BROWN, R.B., HUDDLESTON, J.H., 1991.** Presentation of Statistics Data on Map Units to The User. In Spatial Variabilities of Soil And Landform. SSSA Special Pub.No:28 pp127-147

**ESRI, 2001.** Arcgis 8.1 Environmental System Research Institute. Redland,CA, USA

**GEE, G.W., BOUDER, J. W., 1986.** Particle Size Analysis. In:A.Clute (edit.)Methods of Soil Analysis . Part I Agronomy No:9 Am Soc. of Agron. Madison,Wisconsin,USA

**GS<sup>+</sup>, 2000.** GeoStatistics for the Environmental Sciences, Gamma Design Software, Palinwell, Michigan ,USA

**HAMMER, R.D., ASTROTH, J.H., HENDERSON, G.S., YOUNG, F.J. 1991.** Geograophic Information Systems for Soil Survey and Land Use Planning In Spatial Variabilities of Soil And Landform. SSSA Special Pub.No:28 pp243-270

**HENDERSHOT, W.H., LALANDE, H., DUQUETTE, M., 1993.** Soil Reaction and Exchangeable Acidity. In Soil Sampling and Methods of Analysis. Carter M.R.(ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton,Florida,USA

**JANZEN, H.H., 1993.** Soluble Salts in Soil Sampling and Methods of Analysis. Carter M.R.(ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton,Florida,USA

**KACAR, B., 1994.** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III Toprak Analizleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Eğitim Araştırma Geliştirme Vakfı Yayınları No.3

**MOKMA, D.L., 1987.** Soil Variability of Five Landforms in Michigan.Soil Survey Land Eva. 7:25-31

**MULLA, D.J., McBRATNEY, A.B., 2000.** Soil Spatial Variability,A-321-A-351, In: Handbook of Soil Science, Malcolm E. Sumner(ed. in chief) CRS Press

**NELSON, D.W., SOMMERS, L.E., 1982.** Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical ve Microbiological Properties, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R.(ed) 2nd edition. S.S.S.of America Inc. Publisher, Madison,Wisconsin

**NORDT, L.C., JACOB, J.S., WILDING, L.P.,1991.** Quantifying Map Unit Composition for Quality Control in Soil Survey.p. 183-197 In: Spatial Variabilities of Soils and Landforms. Editors: Mausbach, M.J. And Wilding, L.P. Soil Sci. Soc. of America, Inc, Madison Wisconsin, USA

**ROGOWSKI, A. S., WOLF, K.J., 1994.** Incoporation Variability into Soil Map Unit Delineation. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:163-174

**SOIL SURVEY STAFF, 1999.** Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Agriculture Handbook No. 436. U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.



**THOMAS, G.W., 1982.** Methods of Soil Analysis, Part 2. . Chemical ve Microbiological Properties, Page,A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R.(ed) 2nd edition. S.S.S.of America Inc. Publisher, Madison,Wisconsin pp159-164

**WILDING, L.P., BOUMA, J., GOSS, D.W., 1994.** Impact Of Spatial Variability On Interpretative Modelling.65-75, In: Ouantitative Modelling Of Soil Forming Processes R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) SSSA Special Publication Number 39, SSSA,Inc. Madison Wisconsin,USA

**YOUNG, F.J., HAMMER, R.D., WILLIAMS, F., 1998.** Evaluating Central Tendency and Variance of Soil Properties within Map Units. Soil Sci. Soc. Am.J. 62:1640-1646

**YILDIZ, H., 1997.** Tokat Meyvecilik Üretim İstasyonu Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritalanması Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 70 s. Tokat

**ZHU, A.X., HUDSON, B., BURT, J., LUBICH, K., SIMONSON, D., 2001.** Soil Mapping Using GIS,Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. Soil Sci. Soc. Am.J. 65:1463-1472