

Mustafa SAĞLAM  
Orhan DENGİZ

## Kimyasal Toprak Kalite Göstergelerinin Faktör ve Jeostatistik Analiz Yöntemleriyle Değerlendirilmesi

The evaluating with factor and geostatistics analyses methods of soil chemical quality indices

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139, Samsun.  
e-posta: mustafa.saglam@omu.edu.tr

Alınış (Received): 18.01.2013 Kabul tarihi (Accepted): 29.03.2013

### Anahtar Sözcükler:

Toprak kalitesi, Kimyasal özellikler, Faktör analizi, Jeostatistik.

### Key Words:

Soil quality, Chemical properties, Factor analysis, Geostatistics

### ÖZET

**B**u çalışmayla, Bafra Delta Ovasında Vertisol bir alandaki kimyasal toprak kalitesinin faktör ve jeostatistik analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Veri setinde, iki farklı derinliğe ait 14 adet kimyasal toprak özelliği kullanılmıştır. 0-30 cm derinlikte pH, 30-60 cm derinlikte ise Zn tahmin faktör analizine dahil edilmeyen özellikler olduğu belirlenmiştir. 0-30 cm toprak derinliğinde, belirlenen 5 faktör ile toplam varyansın % 80.16'sı açıklanırken, Faktör 1 % 20.77 ile en yüksek değişkenliği açıklayan faktör olmuştur. 30-60 cm toprak derinliğinde belirlenen 5 faktör ise, toplam varyansın % 77.77'sini açıklanırken, en yüksek değişkenliği açıklayan Faktör 1, toplam değişkenliğin % 21.70'ini açıklamıştır. Krigleme haritaları alandaki toprak kalitesinin sürdürülebilirliği için alınabilecek yönetsel uygulamalara yönelik önemli ipuçları ortaya koymuştur. Sonuçlar bu haliyle, faktör ve jeostatistiksel analiz yöntemlerinin toprak kalite çalışmalarında başarılı bir şekilde kombine edilebileceğini göstermiştir.

### ABSTRACT

**T**he aim of this study is to evaluate soil chemical quality with factor and geostatistic analysis methods in Vertisol areas located on Bafra Delta Plain. 14 chemical soil properties that belong to two different soil depths were used in data set. It was found that pH for 0-30 cm depth and Zn for 30-60 cm depth were excluded for factor analysis. While determined 5 factors were explained with 86.16 % total variance in 0-30 cm depth, Factor 1 showed the highest variation factor with 20.77 %. In addition, determined 5 factors in 30-60 cm depth were explained with 77.77 % of total variance whereas, Factor 1 that explains the highest variation showed 21.70 % of total variation. Kriging maps have important role to take some managements for sustainability of soil quality. Consequently, the results show that factor and geostatistic methods can be successfully used together for soil quality studies.

### GİRİŞ

Toprak fonksiyonunun günümüzde ve gelecekte etkili olabilme kapasitesi olarak tanımlanan toprak kalitesi kavramı (Doran and Parkin 1994), son yıllarda topraklarda farklı yönetim uygulamalarının neden olduğu değişimlerin ölçülmesine yönelik çalışmalarda odak noktası olmaya başlamıştır (Karlen et al., 1994). Bir toprak fonksiyonunun kapasitesi, kalite göstergesi olarak kabul edilen ve arazi kullanımlarındaki farklılıklar nedeniyle kısa zaman aralıklarında değişebilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak

özelliklerinin ölçülmesiyle ortaya konulabilir (Shukla et al., 2006).

Kimyasal toprak özellikleri genel olarak toprak-bitki ilişkilerini, su kalitesini, toprağın tamponlama kapasitesini, bitkiler ve diğer canlılar için su ve besin elementlerinin yarayışlılığını, kirleticilerin hareketliliğini ve bazı fiziksel koşulları etkileyen özelliklerdir. Özellikle son yıllarda toprak kimyası ile ilgili yapılan çalışmalar yüzey ve yer altı suyu kalitesiyle ilişkili olarak çevresel kalite üzerine odaklanmaya başlamıştır. Toprak kimyası/verimlilik araştırmalarının genel amacı, bitki gelişimiyle ilişkili olarak

topraklardaki kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlarının temelini iyi bir şekilde anlaşılması ve böylece toprak ve çevre kalitesinin sürdürülebilirliğinin korunmasıdır. Ancak burada, toprak özellikleri arasındaki interaksiyonların yanında toprak özelliklerinin konumsal ve zamansal değişkenliklerinin yüksek olması, topraklarda heterojenlik kaynaklarının ortaya çıkarılmasını veya bölgesel değişkenliğinin karakterizasyonunu zorlaştırmaktadır. Bu nedenle böyle bir amaca yönelik çalışmalarda çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile jeostatistik gibi farklı metodolojiye sahip yöntemlerin bir arada kullanılması uygun çözümlerin üretilmesine daha fazla katkı sağlamaktadır. Ayrıca çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlar toprak kalite değerlendirme çalışmalarında, çevresel ve yönetimsel etkilere ait veri setleri içerisinde gizlenen bilgilerin ortaya çıkarılmasına izin vererek muhtemel bilgi kayıplarının yaşanmasını da engellemektedir.

Yapılan bu çalışmayla, 2011 yılı verilerine göre yaklaşık 112.000 da çeltik üretimi yapılan Bafra Delta Ovasındaki vertisol bir alanda, kimyasal toprak kalitesinin çok değişkenli istatistiksel ve jeostatistiksel yaklaşımlarla değerlendirilerek haritalanması amaçlanmıştır.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

### **Çalışma Alanının Tanımlanması ve Kimyasal Analizler**

Çalışma, Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Bafra Delta Ovasının sol sahilinde bulunan Emenli köyünde 463.31 ha'lık bir alanda yürütülmüştür. Bölgenin iklimi yarı kurak olup, yıllık ortalama sıcaklığı 13.6 °C, ortalama yağıışı ise 764.3 mm'dir. Soil Survey Staff (1999)'a göre çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi mesic, nem rejimi ise ustic'tir.

Büyük çoğunluğu yüzey toprağındaki siyah rengi, üst toprak yüzeyindeki sert katmanı ve ağır killi tekstürü ile tanımlanan Vertisol ordosuna ait toprakları içeren çalışma alanı, morfolojik, fiziksel ve kimyasal analizler temel alınarak Haplustert ve Calciaquert olarak sınıflandırılmıştır (Dengiz et al., 2012).

Toprak örnekleme, 2011 yılı Temmuz ayında 250x250 m grid sistemine göre iki farklı derinlikten (0-30 cm ve 30-60 cm) toplam 110 adet olarak yapılmış ve toprakların pH (Hendershot et al., 1993), elektriksel iletkenlik (Rhoades, 1986), CaCO<sub>3</sub> (Allison and Moodie, 1965), organik madde (Nelson and Sommers, 1982), toplam azot (Bremner and Mulvaley, 1982), yarayıklı fosfor (Olsen et al., 1954), ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum (Soil Survey Staff, 1992), yarayıklı demir, çinko, bakır ve mangan (Anonymous, 1990) içerikleri belirlenmiştir. SAR değerleri ise hesaplama yoluyla elde edilmiştir.

### **Çok Değişkenli İstatistik ve Jeostatistik Analizleri**

Çalışma alanında iki farklı derinlikte kimyasal toprak kalitesinin belirlenmesi amacıyla seçilen 14 adet kimyasal toprak özelliğine ait sonuçlar, faktör ve jeostatistik analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıdaki değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbiriyle ilişkisi olmayan yeni değişkenler elde etmeye yarayan çok değişkenli istatistik tekniğidir. Faktör analizi, boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme amacını gerçekleştirmekle birlikte, p değişkenli bir olayda birbiri ile ilgili değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda yeni (ortak) ilişkisiz değişken bulmayı amaçlar (Tatlıdil, 2002). Bu çalışmadaki faktör analizinde, değişkenlerin farklı birimlerinin etkilerini elemine etmek amacıyla ölçülen toprak özelliklerinin standartlaştırılmış değerleri kullanılmış ve analize dahil edilecek değişkenler korelasyon matrisi yardımıyla belirlenmiştir. Faktör analizi sonucunda öz değerleri  $\geq 1$  olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, faktör seçiminde kritik faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır. Belirlenen faktörlerin alan içerisindeki konumsal dağılımları ise jeostatistiksel analiz yöntemi kullanılarak modellenmiş ve haritalandırılmıştır. Çok değişkenli istatistiksel ve jeostatistiksel analizler sırasında SPSS 17.0, GS<sup>+</sup> 7.0 ve ArcMap 9.3vs. programları kullanılmıştır.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **Toprak Özelliklerinin Tanımlanması**

İncelenen her iki toprak derinliğinde de kil bünyeli tekstüre sahip olan araştırma alanı topraklarının kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çalışma alanı içerisinde her iki toprak derinliğinde de pH düşük, Ca ise orta konumsal değişkenlikler gösterirken, OM ve N 0-30 cm derinlikte orta, 30-60 cm derinlikte yüksek konumsal değişkenlikler göstermişlerdir. İncelenen diğer kimyasal özelliklerin tamamı ise, her iki toprak derinliğinde yüksek konumsal değişkenlikler göstermişlerdir (Mulla and McBartney, 2000). Basıklık katsayılarına bakıldığında ise EC, K, Na ve SAR'ın her iki toprak derinliğinde de aşırı dik dağılımlar gösteren özellikler olduğu görülmektedir. Yine basıklık katsayılarına göre Zn ve Mn 0-30 cm toprak derinliğinde, OM ise 30-60 cm toprak derinliğinde aşırı dik dağılımlar gösterirken bu özelliklerin diğer derinlikteki dağılımları normal dağılıma yakın diklikte veya daha basık olarak gerçekleşmiştir. Diğer özelliklerin tamamı ise basıklık katsayılarına göre normal dağılıma yakın diklikte veya daha basık dağılımlar sergilemişlerdir (Çizelge 1). Yine toprak özelliklerine ait çarpıklık katsayıları ve ortalamaları

incelendiğinde toprak derinliğine göre en fazla değişikliğin OM'de gerçekleştiği, artan toprak derinliğiyle birlikte ortalamasının önemli şekilde azaldığı ve çarpıklık katsayısının da arttığı görülmektedir. Çarpıklık katsayısının artması ve dağılımının sola yatık olması, OM'nin 30-60 cm toprak derinliğinde ortalamadan çok daha düşük değerler aldığı açıklanmaktadır. Zn'ya ait çarpıklık katsayılarına ve ortalamalara bakıldığında, Zn ortalamasının artan

toprak derinliğiyle birlikte azaldığı buna karşın 30-60 cm toprak derinliğinde Zn değerlerinin ortalamaya daha yakın değerler olarak daha homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir. Bunun yanında diğer toprak özelliklerinin de ortalama değerleri artan toprak derinliğine göre farklı yönlerde değişmiş ancak bu değişimlerinin çarpıklık ve basıklık değerlerine yansımaları OM ve Zn'ya ait ortalama değerlerdeki değişimler kadar yüksek olmamıştır.

Çizelge 1. Toprak kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler  
Table 1. Some descriptive statistics of soil chemical properties

Toprak Özelliği	Birimi	Ortalama		DeğişkenlikKatsayısı, %		Çarpıklık		Basıklık	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
OM	%	3.86	2.30	23.03	38.63	-0.90	-3.87	0.17	20.76
pH		7.92	8.13	3.10	3.02	-0.60	0.17	1.04	0.83
EC	dS m <sup>-1</sup>	0.94	1.17	79.34	63.77	3.61	2.98	17.50	12.22
CaCO <sub>3</sub>	%	6.70	8.31	45.61	36.77	-0.15	-0.51	-0.64	-1.07
N	%	0.24	0.17	28.33	40.79	0.05	0.09	0.08	0.80
P	mg kg <sup>-1</sup>	21.79	20.81	64.96	68.04	1.30	0.75	2.74	0.54
K	cmol kg <sup>-1</sup>	0.78	0.70	43.78	48.92	2.00	3.06	10.06	12.17
Ca	cmol kg <sup>-1</sup>	41.78	40.34	32.02	33.16	-0.90	-0.91	-0.38	0.50
Mg	cmol kg <sup>-1</sup>	18.78	21.31	40.73	35.89	-0.30	0.63	0.38	2.22
Na	cmol kg <sup>-1</sup>	5.14	7.21	96.57	68.91	2.69	2.42	7.04	6.63
SAR		0.95	1.31	112.47	81.61	3.34	2.63	11.82	7.44
Fe	mg kg <sup>-1</sup>	79.24	65.90	47.25	56.82	0.20	0.25	-1.33	-1.23
Cu	mg kg <sup>-1</sup>	9.13	8.16	45.27	50.67	-0.34	0.67	-0.61	-0.37
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	0.99	0.89	50.86	56.23	3.12	1.16	15.47	2.91
Mn	mg kg <sup>-1</sup>	17.38	16.28	85.53	91.32	1.83	1.40	4.50	1.60

OM: organik madde; EC: elektriksel iletkenlik; N: toplam azot; P: yarayırlı fosfor; K: ekstrakte edilebilir potasyum; Ca: ekstrakte edilebilir kalsiyum; Na: ekstrakte edilebilir sodyum; SAR: sodyum adsorbsiyon oranı; Fe: yarayırlı demir; Cu: yarayırlı bakır; Zn: yarayırlı çinko; Mn: yarayırlı mangan.

### Faktör Analizine Uygunluk

Veri setinin faktör analizine uygunluğuna korelasyon matrisi ve KMO testi sonuçlarına göre karar verilmiştir. Değişkenler arasındaki korelasyonlar 0.30 ve üzerinde ise, söz konusu değişkenlerin yüksek olasılıkla faktörler oluşturabileceği kabul edilerek faktör analizine dahil edilmişlerdir. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı ise gözlenen korelasyon katsayılarının büyüklüğü ile kısmi korelasyon katsayılarının büyüklüğünü karşılaştıran bir indekstir ve veri setinde faktör analizinin yapılabilmesi için KMO oranının >0.5 olması gerekir (Kalaycı, 2010). Toprak kimyasal özelliklerine ait veri setinin faktör analizine uygunluğunun değerlendirilmesi için yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, 0-30 cm toprak derinliğinde toprak özellikleri arasındaki 105 adet korelasyon çiftinden 34 adeti istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.01$ ;  $p < 0.05$ ) bulunurken, 30-60 cm toprak derinliğinde ise 105 adet korelasyon çiftinden 25 adeti istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0.01$ ;  $p < 0.05$ ) bulunmuştur. 0-30 cm toprak derinliğinde anlamlı en yüksek pozitif korelas-

yon ilişkisi SAR ve Na arasında ( $0.94$ ;  $p < 0.01$ ), en düşük ise Cu ve K arasında ( $0.27$ ;  $p < 0.05$ ) belirlenmiştir. Aynı toprak derinliğinde kimyasal özellikleri arasındaki anlamlı tek negatif korelasyon ilişkisi ise SAR ve Ca arasında ( $-0.31$ ;  $p < 0.05$ ) gerçekleşmiştir. 30-60 cm toprak derinliğinde ise anlamlı bulunan en yüksek pozitif korelasyon ilişkisi SAR ve Na arasında ( $0.99$ ;  $p < 0.01$ ), en düşük pozitif ilişkisi ise Cu ve Zn arasında ( $0.27$ ;  $p < 0.05$ ) olmuştur. Buna karşın en yüksek negatif korelasyon ilişkisi Ca ve OM arasında ( $-0.45$ ;  $p < 0.01$ ) belirlenirken, en düşük korelasyon ilişkisi ise Fe'in OM ve SAR ile olan korelasyonlarında ( $-0.27$ ;  $p < 0.05$ ) belirlenmiştir. Korelasyon analizine göre anlamlı bulunan en düşük pozitif ve negatif korelasyon katsayıları, kimyasal toprak özelliklerinin her iki toprak derinliğinde de faktörler oluşturabileceğini göstermiştir. Yine 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinlikleri için sırasıyla  $0.67$  ve  $0.60$  olarak belirlenen KMO oranları da, veri setinin faktör analizine uygun olduğunu ve toprak özelliklerinin faktörler oluşturabileceğini ortaya koymuştur.

Çizelge 2. Toprak kimyasal özelliklerine ait korelasyon analizi sonuçları  
Table 2. Correlation analyses results of soil chemical properties

	0-30 cm													
	OM	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	N	P	K	Ca	Na	SAR	Fe	Cu	Zn	
pH	0.19													
EC	0.34 **	0.25												
CaCO <sub>3</sub>	0.31 *	0.38 **	0.15											
N	0.35 **	0.02	0.35 **	0.04										
P	0.26	-0.10	-0.10	0.04	0.07									
K	0.29 *	-0.12	0.37 **	-0.12	0.64 **	0.05								
Ca	0.55 **	0.37 **	0.20	0.62 **	0.33 *	0.12	0.03							
Na	0.11	0.31 *	0.81 **	-0.09	0.19	-0.21	0.28 *	-0.16						
SAR	0.01	0.23	0.67 **	-0.20	0.15	-0.22	0.22	-0.31 *	0.94 **					
Fe	0.38 **	-0.03	0.28 *	0.16	0.46 **	-0.03	0.28 *	0.22	0.04	-0.01				
Cu	0.63 **	0.20	0.37 **	0.22	0.47 **	0.13	0.27 *	0.49 **	0.16	0.03	0.70 **			
Zn	0.09	-0.09	0.01	0.04	0.16	-0.12	0.17	0.09	0.00	0.00	0.18	0.20		
Mn	0.36 **	0.14	0.25	0.29 *	0.42 **	-0.12	0.16	0.31 *	0.06	0.00	0.76 **	0.58 **	0.07	

	30-60 cm													
	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	N	P	K	Ca	Na	SAR	Fe	Cu	Zn	Mn	
pH	0.13													
EC	-0.12	0.09												
CaCO <sub>3</sub>	-0.35 *	0.04	0.41 **											
N	-0.34 *	-0.24	0.01	0.00										
P	0.08	-0.25	-0.08	-0.09	0.05									
K	0.03	-0.05	0.11	-0.32 *	0.18	0.06								
Ca	-0.45 **	-0.02	0.01	0.65 **	0.07	-0.13	-0.39 **							
Na	0.01	0.33 *	0.73 **	0.19	-0.10	-0.17	0.26	-0.05						
SAR	0.05	0.37 **	0.70 **	0.11	-0.12	-0.16	0.29 *	-0.14	0.99 **					
Fe	-0.28 *	-0.38 **	-0.15	0.13	0.29 *	0.13	-0.17	0.25	-0.26	-0.28 *				
Cu	-0.13	-0.20	0.03	0.06	0.23	-0.01	-0.08	0.16	-0.10	-0.13	0.52 **			
Zn	-0.11	-0.15	0.04	0.11	0.21	-0.01	-0.11	0.05	-0.03	-0.03	0.30 *	0.27 *		
Mn	-0.18	-0.19	0.02	0.30 *	0.32 *	0.08	-0.14	0.38 **	-0.12	-0.16	0.79 **	0.63 **	0.26	

\*\* : p<0.01; \* : p<0.05

## Faktör Analizi Sonuçları

### 0-30 cm derinlik

Kimyasal toprak özelliklerinin birimsel farklılıklardan kaynaklanan etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla standartlaştırılmış veri seti kullanılarak yapılan faktör analizinde, 0-30 cm toprak derinliğinde öz değeri  $\geq 1$  olan 5 faktör belirlenmiş ve bu faktörler veri setine ait toplam varyansın % 80.16'sını açıklamışlardır (Çizelge 3). Faktör seçiminde gösterge olarak kullanılan öz değer, faktörler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmede bir kriter olarak kullanılır ve toprak özellikleri öz değerlerinin en yüksek olduğu faktöre atanırlar (Shukla et al., 2006). Diğer taraftan belirlenen 5 faktörün toprak özelliklerine ilişkin bireysel varyansları açıklama yeteneğine bakıldığında belirlenen faktörlerin Na ve SAR'a ait varyansın % 90'dan fazlasını; EC, Mn, Fe, Zn ve Ca'a ait varyansın % 80'den fazlasını; CaCO<sub>3</sub>, K, Cu, N, P ve OM'a ait varyansın yaklaşık % 70'ini ve fazlasını açıkladıkları görülmektedir (Çizelge 4). Oransal ortak etken varyansı 0.5'in altında olan pH ise, 0-30 cm toprak derinliğinde faktör analizinin başarısını ve açıklanan varyans oranını yükseltmek için söz konusu

derinlikte faktör analizine değişken olarak dâhil edilmemiştir.

Çizelge 3. 0-30 cm toprak derinliğinde faktörlere ait öz değerler ve varyanslar

Table 3. The eigenvalues and variances of factors at the 0-30 soil depth

Faktörler	Öz Değer	Oransal Varyans, %	Eklemlenilen Varyans, %
0-30 cm			
Faktör 1	4.05	20.77	20.77
Faktör 2	2.70	18.61	39.38
Faktör 3	1.41	17.11	56.49
Faktör 4	1.26	14.98	71.47
Faktör 5	1.00	8.69	80.16

Faktör 1; Na, SAR ve EC için yüksek pozitif yük değerleri ( $>84$ ) olarak veri setine ait varyansın % 20.77'sini açıklamıştır (Çizelge 3, 4). Bu faktöre, topraklarda alkaliliğin belirlenmesinde veya izlenmesinde gösterge olarak kullanılan kimyasal özelliklerin değişken olarak atanması nedeniyle "alkalileşme" adı verilebilir. Topraklarda değişebilir Na miktarının ve pH'nın artmasıyla ortaya çıkan alkalileşme olayı, toprak strüktürünün bozulmasına neden olarak hava, su geçirgenliğini olumsuz yönde

etkileyerek fiziksel toprak kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Faktör 2; Mn ve Fe için yüksek pozitif yük değerleri (>85), Cu için ise orta pozitif yük değeri (>60) olarak toplam varyansın % 18.61'ini açıklamıştır (Çizelge 3, 4). Faktör bileşenleri itibariyle toprakların mikro besin elementi içeriğindeki değişimleri ortaya koyan toprak özelliklerinden faktör, "mikro element" adı ile tanımlanabilir. Mikro besin elementlerinin yayılsılığı toprak çevresindeki değişimlerden önemli şekilde etkilenmektedir.

Çizelge 4. 0-30 cm toprak derinliğinde faktörlere ait değişkenler ve açıklanan bireysel varyanslar

Table 4. The variables and explained individual variances of factors at the 0-30 cm soil depth.

Toprak Özellikleri	F1	F2	F3	F4	F5	Oransal Ortak Etken Varyansları
Na	0.98					0.96
SAR	0.93					0.91
EC	0.84					0.86
Mn		0.90				0.85
Fe		0.89				0.86
Cu		0.65				0.74
Ca			0.87			0.81
CaCO <sub>3</sub>			0.83			0.76
OM			0.62			0.69
K				0.81		0.75
N				0.70		0.70
Zn					0.85	0.82
P					-0.59	0.73

Genelde organik madde içeriği, pH, CaCO<sub>3</sub>, kil, silt ve kum içeriği gibi fiziko-kimyasal özellikler, toprakların mikro besin elementi içeriğini etkileyen faktörlerdir. Çalışma alanında 0-30 cm toprak derinliğinde, mikro besin elementleri (Mn, Fe ve Cu) toprakların organik madde içeriği ile anlamlı korelasyonlar ( $p < 0.01$ ) gösterirken pH ile ilişkileri istatistiksel olarak anlamsız olmuştur (Çizelge 2). Bu mikro besin elementlerinin pH ile önemsiz korelasyon ilişkilerinin nedeni, pH'nın çalışma alanında düşük konumsal değişkenliğe sahip olması olabilir (Çizelge 1). Yine Mn, CaCO<sub>3</sub> içeriği ile anlamlı korelasyonlar ( $p < 0.05$ ) ortaya koyarken Fe ve Cu'nun ise CaCO<sub>3</sub> ile ilişkileri anlamsız bulunmuştur.

Faktör 3; veri setine ait varyansın % 17.11'ini açıklarken, değişken olarak atanan Ca ve CaCO<sub>3</sub> için yüksek (>80), OM için orta (>60) pozitif yük değerleri almıştır (Çizelge 3, 4). Faktör, toprak taneciklerinin bir arada tutulmasını teşvik eden kimyasal özelliklerden oluşması nedeniyle "agregatlaşma" adıyla tanımlanabilir. Sahip oldukları iyi agregatlaşma nedeniyle strüktür gelişimi iyi olan toprakların yüzeyinde sodyumluluk sorunu bulunmaz. Kil minerallerine Na yerine daha fazla Ca'un bağlandığı

bu alanlarda, kil minerallerinin kendini malçlaması nedeniyle toprakların strüktür gelişimi ve su geçirgenliği genelde daha iyi olabilmektedir. Çalışma alanında 0-30 toprak derinliğinde gerek agregatlaşmanın yüksek olması gerekse de bu alanların çeltik tarımında kullanılması sonucu oluşturulan tavalara verilen sulama suları sonucu yıkanma olayının gerçekleşmesi ile alkalileşmenin düşük olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Faktör 4; K ve N için yüksek pozitif yük değerleri (>70) olarak toplam varyansın % 14.98'ini açıklamıştır (Çizelge 3, 4). Değişkenleri itibariyle toprakların makro besin elementi içeriğindeki değişimleri ortaya koyan faktör, "makro element" adı ile tanımlanabilir. Çeltik bitkisi üretimi sırasında tane ve sap olarak fazla miktarda kuru madde kaldırır ve bu nedenle makro bitki besin maddelerine olan ihtiyacı fazladır. Özellikle N'lu ve P'lu gübrelerin çeltikte verimi artırıcı etkileri nedeniyle, çeltik üretimi yapılan alanlarda iyi verim elde edebilmek adına gereği gibi gübreleme yapılması gerekir. Ayrıca iyi çimlenme ve erken gelişme için N'lu gübre isteği fazla olan çeltik bitkisinde iyi bir dane verimi elde edebilmek için N, P ve K'lu gübreleme yapılması uygundur. Bu nedenle çeltik üretimi yoğun olarak yapılan çalışma alanında toprakların N, P ve K gibi makro besin elementlerinin miktarı sürdürülebilir çeltik üretimi ve kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Faktör 5; Zn için yüksek pozitif yük değeri (>80), P için ise orta negatif yük değeri (>50) olarak toplam varyansın % 8.69'unu açıklamıştır (Çizelge 3, 4). P ve Zn arasında beklendiği gibi negatif ilişki gösteren bu faktöre "Zn interaksiyonu" adı verilebilir. Zn, 0-30 cm toprak derinliğinde Zn'ya ait yüksek çarpıklık ve basıklık değerleri çalışma alanında Zn'nun ortalamasının çok üzerinde değerler aldığını açıklarken, değişkenlik katsayısına göre çalışma alanı içerisindeki Zn değişkenliği de yüksek bulunmuştur. Bu durum çalışma alanının 0-30 cm toprak derinliğinde, Zn için heterojenlik kaynaklarının fazla olduğunu göstermektedir. Yüksek pH ve P konsantrasyonları topraklarda Zn alınımını azaltırken, benzer etki düşük toprak sıcaklığı veya su altındaki topraklarda bikarbonat fazlalığı nedeniyle de görülebilmektedir (Kacar ve Katkat, 1998).

### 30-60 cm derinlik

30-60 cm toprak derinliğine ait veri seti üzerinde yapılan faktör analizine göre öz değeri  $\geq 1$  olan 5 faktör belirlenmiş ve bu faktörlerle toplam varyansın % 77.77'si açıklanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. 30-60 cm toprak derinliğinde faktörlere ait öz değerler ve varyanslar

Table 5. The eigenvalues and variances of factors at the 30-60 soil depth

Faktörler	Özdeğer	Oransal Varyans, %	Ekelmeli Varyans, %
Faktör 1	3.46	21.70	21.70
Faktör 2	2.70	18.11	39.81
Faktör 3	1.75	16.66	56.46
Faktör 4	1.18	11.39	67.86
Faktör 5	1.03	9.92	77.77

Seçilen 5 faktörün toprak özelliklerine ilişkin bireysel varyansları açıklama yeteneklerine bakıldığında, belirlenen faktörlerin Na ve SAR'a ait varyansın % 90'dan fazlasını; Mn, CaCO<sub>3</sub>, P ve EC'ye ait varyansın % 80'den fazlasını; Fe, Ca, OM ve Cu'a ait varyansın % 70'den fazlasını; K ve N'a ait varyansın % 65'inden fazlasını ve pH'ya ait varyansın da yaklaşık % 60'ını açıkladıkları görülmektedir (Çizelge 6). Oransal ortak etken varyansı 0.5'in altında olan Zn, 30-60 cm toprak derinliğinde faktör analizinin başarısını ve açıklanan varyans oranını yükseltmek adına faktör analizine değişken olarak dahil edilmemiştir.

Çizelge 6. 30-60 cm toprak derinliğinde faktörlere ait değişkenler ve açıklanan bireysel varyanslar

Table 6. The variables and explained individual variances of factors at the 30-30 cm soil depth.

Toprak Özellikleri	F1	F2	F3	F4	F5	Oransal Ortak Etken Varyansları
Na	0.95					0.94
SAR	0.93					0.93
EC	0.87					0.80
Mn		0.89				0.86
Cu		0.85				0.72
Fe		0.81				0.78
CaCO <sub>3</sub>			0.84			0.81
Ca			0.84			0.78
K			-0.64			0.69
N				0.76		0.68
OM				-0.73		0.74
P					0.88	0.80
pH					-0.61	0.59

Faktör 1; Na, SAR ve EC için yüksek pozitif yük değerleri (>85) olarak toplam varyansın % 21.70'ini açıklamıştır (Çizelge 5, 6). Bu faktör, bünyesindeki bileşenleriyle çalışma alanının alkalileşme yönündeki değişimlerini yansıtmaları nedeniyle "Alkalileşme" adıyla tanımlanmıştır. 30-60 cm toprak derinliğindeki ortalama Na, SAR ve EC değerleri, 0-30 cm toprak derinliğindeki ortalama değerlerine göre artışlar göstermesine (Çizelge 1) karşın toprak özelliklerinin her iki toprak derinliğindeki faktör analizi sonuçlarının benzer olması, bu kimyasal özelliklerin çalışma

alanında dikey yönde fazla değişmediğini göstermektedir.

Faktör 2; Mn, Fe ve Cu için yüksek pozitif yük değerleri (>80) olarak varyansın % 18.11'ini açıklamıştır (Çizelge 5, 6) ve faktör bileşenleri itibariyle "Mikro element" adı ile tanımlanmıştır. Ortalama değerlere göre toprakların Mn, Fe ve Cu miktarları artan toprak derinliğiyle birlikte azalmasına (Çizelge 1) karşın toprak derinliklerine ait faktör analizi sonuçlarının benzer olması, bu mikro besin elementlerinin çalışma alanında dikey yönde fazla değişmediğini ortaya koymaktadır (Şekil 1, 2).

Faktör analizi sonuçlarına göre CaCO<sub>3</sub> ve Ca için yüksek pozitif yük değerleri (>80) ve K için orta negatif yük değerleri (>60) alan faktör 3, veri setine ait toplam varyansın % 16.66'sını açıklamaktadır (Çizelge 5, 6). Faktör bileşenleri itibariyle bu faktör "kireç" adıyla tanımlanmıştır. Faktör 3'de Ca ve CaCO<sub>3</sub> ile K arasında beklenildiği gibi negatif bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Toprak çözeltilisindeki yüksek Ca ve Mg seviyeleri, K'un bitki kökleri tarafından alınımını azaltabilir. Değişebilir K miktarı bitki beslenmesi için yeterli miktarda olsa bile Ca ve K arasındaki rekabet nedeniyle kireçli topraklarda K noksanlığı sıklıkla ortaya çıkabilir (Brady and Weil, 2002). Çalışmanın yapıldığı Bafra Delta Ovasını kuzey-güney yönünde kesen Kızılırmak nehri ve diğer dereler tarafından taşınan taşkın alanlarındaki alüvyon depozitler, killi, siltli ve çakıl niteliğinde olup çakıllar çoğunlukla volkanik kökenli kayalardan ve kireç taşlarından oluşmaktadır.

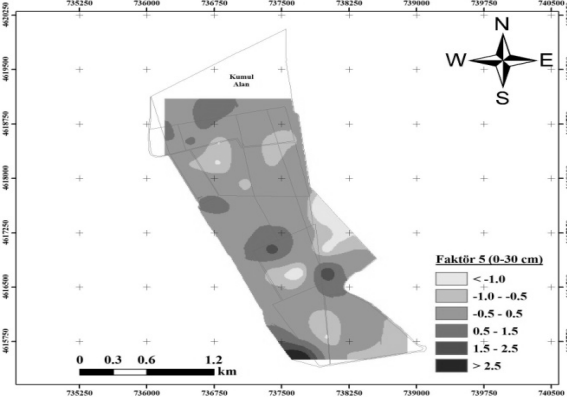
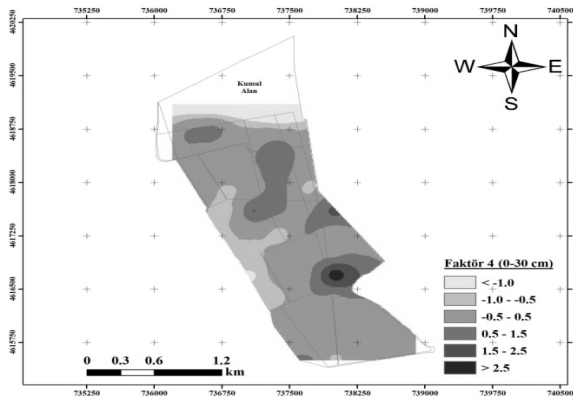
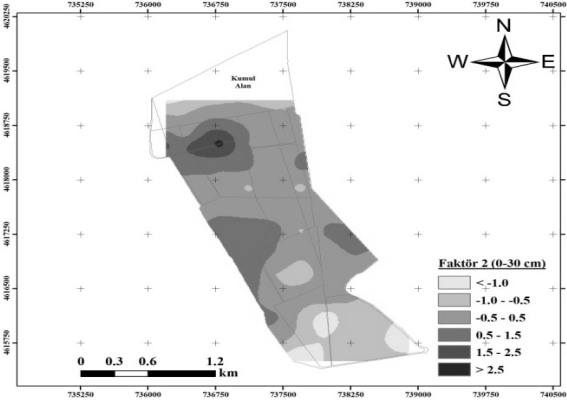
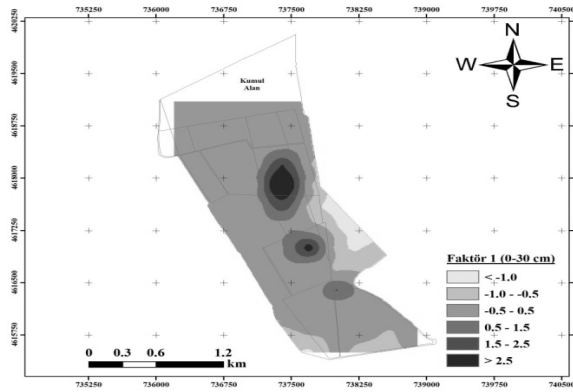
Faktör 4; N için yüksek pozitif yük değeri (>75), OM için ise yüksek negatif yük değeri olarak (>70) olarak varyansın % 11.39'unu açıklamıştır (Çizelge 5, 6). N'un topraklarda en önemli kaynakları organik madde ve kimyasal gübrelemedir. Topraklarda kimyasal gübrelemeden kaynaklanan N kazanımı genelde toprak işleme derinliği tarafından sınırlanırken organik madde kaynaklı N kazanımları da artan toprak derinliğiyle birlikte azalmaktadır. Faktör bileşenleri arasındaki korelasyon ilişkileri incelendiğinde 0-30 cm toprak derinliğinde p<0.01 düzeyinde pozitif, 30-60 cm toprak derinliğinde ise p<0.05 düzeyinde negatif bir ilişki olduğu görülmektedir (Çizelge 2). 0-30 cm toprak derinliğindeki pozitif ilişki, bahsedilen toprak derinliğinde OM'nin N kaynağı olarak görev yaptığını gösterirken, 30-60 cm toprak derinliğindeki negatif ilişki ise, söz konusu derinlikteki N'un kaynağının OM olmadığını ortaya koymaktadır. Yoğun çeltik üretimi yapılan çalışma alanında özellikle toprak profilinin yılın önemli bir bölümünde suyla doygun koşullarda bulunması, N'un alt toprak derinliklerine yığınma

sürecini hızlandırabilir. Açıklanan nedenlerle birlikte, N'un alt toprak derinliğindeki kaynaklarına ait bilgiler ortaya koyan bu faktöre, "N yıkanması" adı verilebilir. Faktör 5; P için yüksek pozitif yük değeri (>85), pH içinde orta negatif yük değeri (> 60) olarak toplam varyansın % 9.92'sini açıklamıştır (Çizelge 5, 6). Faktör bileşenleri itibarıyla bu faktöre "P fiksasyonu" adı verilebilir. Artan toprak derinliğiyle birlikte yüksek pH değerleri ile P arasındaki ilişki beklendiği gibi negatif olmuştur. Topraklarda 7'nin üzerindeki pH değerlerinde P ortamdaki Ca ve Mg gibi bazik kationlarla bileşikler oluşturarak yarayışlılığı azalır.

### Faktörlerin Konumsal Değişkenliği

Faktörlerin alan içerisindeki konumsal değişimleri jeostatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak modellenmiş ve haritalandırılmıştır (Şekil 1). 0-30 cm toprak derinliğinde belirlenen faktörlere ait hazırlanan

krigleme haritaları incelendiğinde alkalileşme sorununun alanın kuzey doğu kesimlerinde en yüksek, güneydoğu ve güney kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir. Alkalileşmenin yüksek bulunduğu alanlarda jips uygulamaları ve/veya drenaj sistemi kurulması gibi alkalileşmeyi azaltıcı etkin yönetim uygulamaları planlanmalı ve yürütülmelidir. Toprakların alkalileşmesinin azaltılması için yapılacak bu yönetim uygulamalarıyla, alanda toprak kalitesinin korunmasına yönelik önemli faydalar sağlanabileceği öngörülmektedir. Toprakların mikro element içeriklerinin alanın kuzey-batı kesimlerinde en yüksek, güney kesimlerinde ise en düşük olduğu ve bu alanların mikro element gübrelemesine en fazla ihtiyaç duyabilecek alanlar olduğu görülmektedir



Şekil 1: 0-30 cm toprak derinliğinde faktörlere ait krigleme haritaları  
Figure 1. The kriging maps of factors at the 0-30 cm soil depth.

Topraklarda agregatlaşmanın alanın kuzey-batı kesimlerinde en yüksek, güney-batı ve kumul alanlara yakın kuzey kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir. Makro elementlerin alanın güney doğu

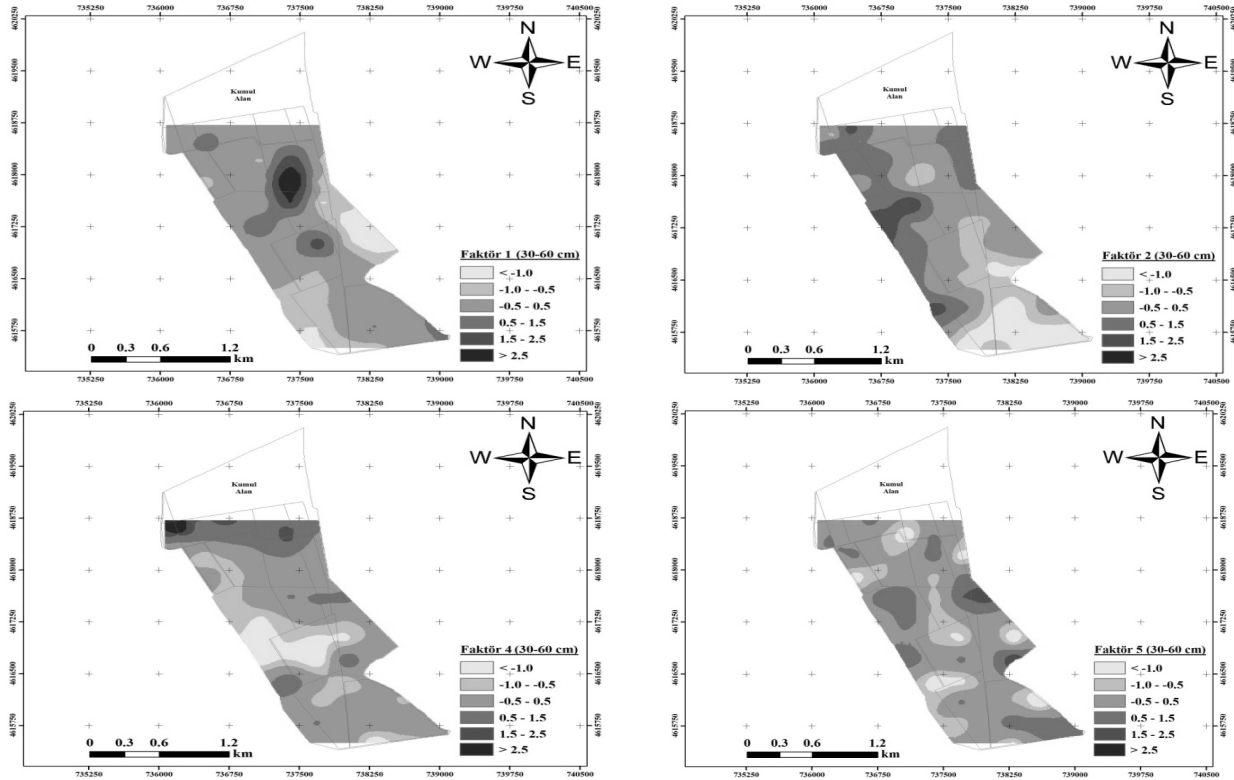
kesimlerinde en yüksek, batı ve kumul alanlara yakın kuzey kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir. Makro besin elementlerinin düşük bulunduğu alanlar diğer alanlara oranla daha fazla

gübrelemeye ihtiyaç gösterebilir. En yüksek Zn interaksiyonunun alanın güney batısı kesimlerinde, en düşük Zn interaksiyonunun ise alanın doğu ve güney doğu kesimlerinde olduğu görülmektedir (Şekil 1). Çeltik tarımı yapılan topraklarda N ve P noksanlığından sonra ürünü sınırlayan besleme faktörlerinin başında Zn noksanlığı gelmektedir. Zn noksanlığı hem Türkiye, hem de Dünya tarım toprakları için önemli bir sorun olmakla birlikte dünya tarım topraklarının yaklaşık % 30'unda (Sillanpaa, 1982), ülkemiz topraklarının % 50'sinde (Eyüboğlu et al., 1995) ve Orta Anadolu'da çeltik yetiştirilen alanların % 30'unda (Taban et al., 1997) çinko noksanlığı olduğu belirtilmektedir.

Faktörlerin 30-60 cm toprak derinliğine ait krigleme haritaları Şekil 2'de görülmektedir. Krigleme

haritaları incelendiğinde alkalileşme sorununun olduğu alanların 0-30 cm toprak derinliğindeki alanlarla benzer olduğu ve alanda alkalileşmenin dikey yönde değişmediği görülmektedir (Şekil 1, 2). Toprakların mikro element içeriklerinin alanın batı, kuzey-batı ve güney batı kesimlerinde en yüksek, güney ve güney-doğu kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir. 30-60 cm toprak derinliğindeki mikro element faktörünün sergilemiş olduğu bu dağılım deseni faktörün 0-30 cm toprak derinliğindeki dağılımıyla önemli benzerlikler sergileyerek dikey yönde fazla değişimler göstermemiştir (Erşahin ve Karaman, 2000).

Çalışma alanında kireç faktörünün güney ve kuzey-batı kesimlerinde en yüksek, doğu ve kuzey-doğu kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 2: 30-60 cm toprak derinliğinde faktörlere ait krigleme haritaları  
Figure 2. The kriging maps of factors at the 30-60 cm soil depth.

Topraklardaki yüksek Ca ve CaCO<sub>3</sub> konsantrasyonlarında ve alkali toprak pH'larında K'un yarıyılılığı azalmaya başlar. Çalışma alanında özellikle 30-60 cm toprak derinliğinde, faktörün en yüksek değerler aldığı güney ve kuzey-batı kesimlerinde K noksanlıklarının ortaya çıkabileceği ve daha fazla miktarlarda K'lu gübrelemeye ihtiyaç duyulabileceği öngörülmektedir. N yıkanmasının alanın kumul bölgelere yakın olan kuzey ve kuzey-batı kesimlerinde en yüksek, batı ve

güney-batı kesimlerinde ise en düşük olduğu görülmektedir. Kuzey kesimlerde N yıkanmasının yüksek olmasının nedeninin, bölgenin sahil kumul alanlara yakın olması itibariyle 30-60 cm toprak derinliğinde topraklardaki kum miktarının artmasının olduğu düşünülmektedir. P fiksasyonunun en yüksek ve en düşük olduğu bölgeler çalışma alanı içerisinde homojen olarak dağılmasına karşın faktörün genelde doğu ve batı kesimlerinde yüksek, güney ve kuzey



kesimlerinde ise düşük olduğu görülmektedir (Şekil 2). Çeltik tarımı yapılan topraklarda P noksanlığı, çeltik verimini sınırlayan besleme faktörlerinin başında gelmektedir. P noksanlığının yanında ayrıca alkalilik, tuzluluk, çinko ve demir eksikliği de çeltik üretim alanlarımızdaki diğer önemli problemlerdir. Çeltik bitkisinin özellikle ekim nöbeti yapılmadan yetiştirilmesi sonucu çeltik üretim alanlarındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak kalitesi önemli şekilde bozulmaktadır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Kimyasal toprak kalitesi, sürdürülebilir tarımsal üretimin geleceği adına yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda bitkisel üretim çeşitliliğinin korunması ve verim potansiyelinin geliştirilebilmesi için son derece önemlidir. Bu çalışmayla, Bafra Delta Ovasında yoğun olarak çeltik üretimi yapılan Vertisol bir alanda 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerindeki kimyasal toprak kalitesi, faktör analizi ve jeostatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Özellikle değişken sayısının fazla olduğu veri setlerinde, gizlenmesi muhtemel bilgilerin ortaya çıkarılmasına izin vererek bilgi kayıplarının yaşanmasını engelleyen çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlar, son yıllarda toprak kalite değerlendirme çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, zamansal ve konumsal olarak yüksek varyasyon kaynaklarına sahip olmaları nedeniyle geleneksel istatistiksel yöntemlerin yetersiz kalabildiği toprak verilerinin değerlendirilmesinde, çok değişkenli

istatistiksel yaklaşımların ve jeostatistiksel yöntemlerin birlikte başarılı bir şekilde kullanılabildiğini ortaya koymuştur.

0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliğine ait faktör analizi sonuçları, çalışma alanında alkalileşme sorunu olan bölgelerin varlığını ortaya koyarken, her iki toprak derinliğinde benzer bulunan bir diğer faktörün de mikro element içeriği olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlarla birlikte, alkalileşme ve mikro element ile ilgili yönetim uygulamalarının alanda daha çok dikey yönlerde planlanmasının, toprakların Na, SAR, EC, Fe, Cu ve Mn değişimlerinin de toprak derinliğiyle birlikte izlenmesinin gerektiği görülmüştür. Faktör analizi, bir başka mikro element olan Zn ile ilgili yönetim planlamalarının ise, 0-30 cm toprak derinliğinde olması gerektiğini ortaya koymuştur. Çalışma alanındaki toprak ve su kalitesinin korunması adına N yönetiminin ise, tekstür bileşenlerinin derinliğe bağlı değişimleri dikkate alınarak planlanması gerekmektedir.

Çalışma alanı içerisinde faktörlerin etkilerinin yüksek ve düşük olduğu bölgeleri gösteren krigleme haritalarının ise, alandaki kimyasal toprak kalitesinin korunmasına ve geliştirilmesine yönelik yönetimsel uygulamaların başarılı olmasında önemli katkılar sağlayabileceği görülmektedir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan yöntemlerin yoğun tarım yapılan Bafra Delta Ovasında yapılacak farklı toprak kalite değerlendirme çalışmalarında da, başarılı bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Allison, L.E. and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. In: Methods of Soil Analysis, Part II (eds. C.A. Black et al.). American Society of Agronomy Inc., No: 9, Madison, Wisconsin, pp. 1379-1400.
- Anonymous. 1990. Analytical for Atomic Absorption Spectro Photometry. Perkin Elmer, Norwalk, Connecticut, USA.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. Pearson Education, Inc, New Jersey.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties, Part II. Am. Soc. of Agron. Inc., No: 9, Madison, Wisconsin, pp. 595-625.
- Dengiz, O., M. Sağlam, F.E. Sarioğlu, F. Saygın, and Ç. Atasoy. 2012. Morphological and Physico-Chemical Characteristics and Classification of Vertisol Developed on Deltaic Plain. Open Journal of Soil Science, 2: 20-27.
- Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. (Eds. J.W. Doran et al.), SSSA Spec. Publ. No. 35, ASA, Madison, WI, pp. 3-21.
- Erşahin, S. ve M.R. Karaman. 2000. Toprak Değişkenliğinin Yere Özgü Amenajman ve Toprak Verimliliği Çalışmaları için Değerlendirilmesinde Faktör Analizinin Kullanılması. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(2): 76-81.
- Eyüboğlu, F., N. Kurucu, ve S. Talaz. 1995. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı mikro elementler bakımından genel durumu. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü. 620/A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.
- Hendershot, W.H., H. Lalonde, and M. Duquette. 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In Soil Sampling and Methods of Analysis (Eds: M.R.Carter), Canadian Society of Soil Science.
- Kacar, B., ve V. Katkat. 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, Vıpaş Yayınları:3.
- Kalaycı, Ş. 2010. Faktör Analizi. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. (Ed. Ş. Kalaycı), Asil Yayın Dağıtım Limited Şirketi, Ankara.
- Karlen, D.L., N.C. Wollenhaupt, D.C. Erbach, E.C. Berry, J.B. Swan, N.S. Eash, and J.L. Jordahl. 1994. Crop residue effects on

- soil quality following 10 years of no-till corn. *Soil and Tillage Research*, 31: 149–167.
- Mulla, D.J., and A.B. McBratney. 2000. Soil Spatial Variability. In: *Handbook of Soil Science*, (Ed. in chief Malcom E. Summer), CRS Press, A-321-A-351.
- Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic matter. In: *Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Methods*, 2th ed. (Eds. L.A. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney), Part II, American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 539-579.
- Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No:939, Washington, USA.
- Rhoades, J.D. 1986. Soluble Salts. In *Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties*. 2th ed. (Ed. A. Klute), Part II, American Society of Agronomy and Soil Science Society American of Journal Agronomy Monograph, No: 9, Madison,WI., pp: 167-179.
- Shukla, M.K., R. Lal, and M. Ebinger. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87: 194–204.
- Sillanpaa, M. 1982, Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils Bulletin No:48*, FAO, Rome.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey*. USDA Handbook No:436, Washington D.C.
- Soil Survey Staff. 1992. *Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey*. Soil Surv. Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C.
- Taban, S., M. Alpaslan, A.G. Hashemi, ve D. Eken. 1997. Orta Anadolu'da Çeltik Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3: 457-466.
- Tatlidil, H. 2002. *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*. Akademi Matbaası, Ankara.