

Toprak özelliklerinde mekânsal değişkenliğin faktör analizi: Erenler örneği (Sakarya)

Factor analysis of variability in soil properties: A case study from Erenler (Sakarya)

Fehmiye Kadioğulları Çelenk*^a

^a Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun.

MAKALE BİLGİ

Geliş/Received: 13.11.2015
Kabul/Accepted: 28.04.2016

Anahtar Kelimeler:
Faktör analizi
Toprak değişkenliği
Toprak fiziksel özellikleri
Toprak kimyasal özellikleri

Keywords:
Factor analysis
Soil variability
Soil physical properties
Soil chemical properties

*Sorumlu yazar/Corresponding author
(F. Çelenk) fchelenk@yandex.com

<http://dx.doi.org/10.17211/tcd.16765>

ÖZ / ABSTRACT

Bu çalışmada Sakarya ili Erenler ilçesi D 100 karayolu boyunca uzanan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mekânsal değişkenliğini belirlemek ve sahadaki değişkenliğin genel dağılımında etkili olan faktörleri tespit etmek amaçlanmıştır. Araştırma sahasından alınan 48 adet toprak örneği, tekstür (% silt, % kum ve % kil), pH, EC, CaCO₃, OM, KDK değişebilir K, Ca, Mg ve Na analizleri yapılmak üzere laboratuvar ortamına alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istatistiksel olarak SPSS 17 paket programında faktör analizi ve tanımlayıcı istatistikler ile değerlendirilmiştir. İstatistik sonuçlarına göre Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) katsayısı 0,596 ve Barlett Küresellik testi önemlilik değeri 0,00 olarak belirlenmiştir. Faktör analizi sonuçlarına göre öz değerleri 1'den büyük olan 4 faktör belirlenmiştir. Toplam değişkenliğin %91'i bu faktörler tarafından açıklanmaktadır. Faktör analizi sonuçlarına göre araştırma sahasındaki toprakların ağırlıklı olarak tekstürel özellikleri ile kimyasal özelliklerinin yanı sıra organik madde miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

In this study, it was aimed to examine spatial variability of some physical and chemical properties and factors contributing to the general pattern of this variability in soils alongside the D 100 highway in Erenler district of Sakarya. Observations were carried out largely from sampling points and 48 soil samples were collected for laboratory analysis to determine the soil texture (silt%, sand% and clay%), pH, EC, CaCO₃, OM, CEC, exchangeable K, Ca, Mg and Na. The data were subjected to descriptive and factor analysis in SPSS 17 packet programme. Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) value of this factor analysis was 0,596 and Barlett Sphericity test significance value was found as 0,000. According to the factor analysis, 4 factors were identified as having eigen values greater than one. 91 % of total variance could be explained by these factors. The factor analysis revealed that the variability of the soil properties is mainly due to textural characteristics, chemical properties and organic matter of soils in the research area.

1. Giriş

Toprak değişkenliği farklı zaman ve mekan ölçeğinde etkili olan doğal süreçler ile yönetim uygulamalarının bir sonucudur. Topraklardaki bu doğal değişkenlik jeolojik ve toprak oluşum süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, geçmişte meydana gelen tektonik olaylar, deniz seviyesi değişiklikleri, akarsuların morfolojisi ve antropojenik süreçler de toprak oluşumunda etkilidir (Efe, 1999). Ana materyal, canlılar, iklim, zaman ve topoğrafya gibi toprak oluşum faktörlerinin etkileri bulunulan bölgeye ve zamana göre farklılık göstermekle beraber toprak tipleri ve özellikleri üzerinde iklimin rolü, diğer faktörlere göre daha ağır basmaktadır (Jenny, 1941; Zeybek, 2003). Söz konusu bu faktörler, toprak özelliklerindeki değişkenliği çoğunlukla açıklamakla beraber toprakların yönetimi ve kullanımı (gübreleme, ürün değişimi, erozyon) gibi etkenler de toprak değişkenliğini önemli düzeyde etkilemektedir (Castrignano vd., 2000). Topraktaki kimyasal olaylar sürekli olduğundan toprağın bileşimi de devamlı olarak değişmektedir. Toprağa çeşitli gübrelerin verilmesi, organik madde ilave edilmesi veya bazı elementlerin

toprakta uzaklaşması, toprakta meydana gelen kimyasal olayların seyrini ve şiddetini değiştiren önemli etkenlerdir (Atalay, 2011).

Toprak birçok fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından mekansal değişiklik gösterdiğinden klasik istatistik yöntemler, toprağın mekansal olarak gösterdiği bu değişkenliği ortaya koymada yetersiz kalmaktadır (Başbozkurt vd., 2013). Toprak değişkenliğini analiz etmede ortalama, standart sapma ve değişim katsayısı gibi tanımlayıcı istatistikler en yaygın şekilde kullanılan istatistik teknikleridir. Bu yöntemler topraklardaki genel değişim paternini göstermede önemli fayda sağlamasına rağmen toprak özelliklerinin değişkenlik nedenini tam olarak ortaya koymamaktadır (Adebayo, 1997). Toprak özelliklerindeki değişkenlik konusu birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır (Arp, 1984; Jabro vd., 2006; Onweremadu ve Akamigbo, 2007; Git-hae vd., 2011; Başbozkurt vd., 2013; Bogunovic vd., 2014; Behera ve Shukla, 2015). Faktör analizi, toprak değişkenliğine etki

eden faktörlerin belirlenmesinde kullanılan, çok değişkenli istatistik tekniklerinden biridir. Çok değişkenli istatistik teknikleri fazla sayıda değişkenden oluşan veri yapısını basitleştirerek, ele alınan probleme uygun çözümleri ortaya koyabilmektedir (Sağlam, 2013). Faktör analizinin amacı, değişkenler arasındaki ilişkileri en iyi şekilde açıklayan daha az sayıdaki ortak faktör sayısını belirlemektir (Johnson ve Wichern, 1992). Toprak özelliklerindeki değişkenliğinin belirlendiği birçok çalışmada faktör analizi yöntemi kullanılmış ve toprak değişkenliğinin genel dağılımında etkili olan faktörlerin belirlenmesinde yöntemin öneminden bahsedilmiştir (Adebayo, 1997; Erşahin ve Karaman, 2000; McGrath vd., 2004; Shukla vd., 2006; Chandra vd., 2012; Özyazıcı vd., 2013; Sağlam, 2015).

Toprak mekânsal olarak yüksek değişkenlik gösteren bir özelliğe sahiptir. Toprak değişkenliği süreçlerini ve dağılımını anlamak etkili bir toprak yönetimi için önemlidir. Toprak değişkenliğini gözardı etmek, istenilmeyen sonuçlara yol açabilir (Behera ve Shukla, 2015). Topraklardaki mekânsal değişiklik, toprak özelliklerinin doğal değişkenliğinin yanı sıra insan aktivitelerinden de kaynaklanabilmektedir. Bu yüksek değişkenlik toprakları sınıflandırmada ve özelliklerinin belirlenmesinde güçlük oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı çalışma alanındaki toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişkenliğini göstermek ve genel olarak bu değişkenliğe etki eden faktörleri belirlemektir.

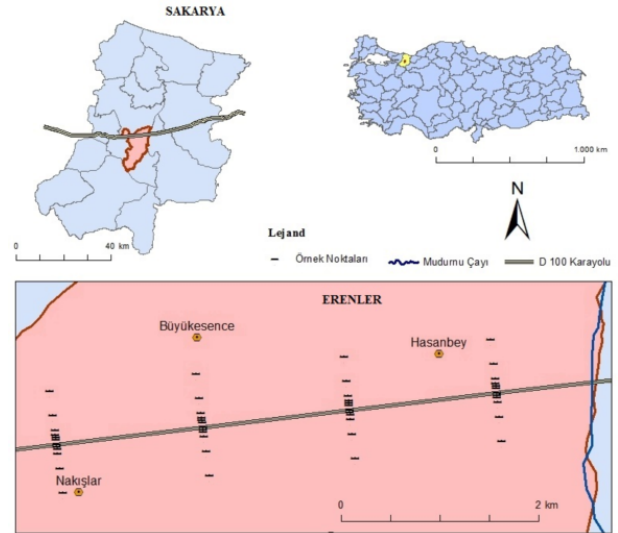
2. Veri ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı deniz seviyesinden ortalama 31 m yüksekliğe sahip olup, yazların sıcak, kışların ise çok soğuk geçmediği nispeten ılıman iklim özellikleri gösteren Sakarya ovasında yer almaktadır. Sakarya meteoroloji istasyonunun 1960-2013 yılları verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 14.4°C'dir. Sahada yazlar genellikle sıcak ve nemli, en sıcak ay ortalaması 29.2°C iken, kışlar soğuk ve genellikle yağışlı olup en düşük sıcaklık ortalaması 2.8°C'dir. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri ise genellikle ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama toprak sıcaklığı 50 cm toprak derinliği için 16.6°C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 832 mm olup, en fazla yağış kış mevsiminde (%33), en az yağış ise yaz mevsiminde (%20) görülmektedir (MGM, 2013). Sahada hâkim rüzgâr yönü kuzeybatı doğrudur. Çalışma sahasında topraklar ağırlıklı olarak Geç Kuvaterner'de Sakarya Nehri'nin taşıdığı materyallerden oluşan alüvyal topraklardan oluşmakla beraber topraklar genellikle az drene olmuş ve ince bünyeli topraklardır (Sakarya İli Arazi Varlığı, 1995).

2.2. Örnekleme Alanı

Çalışma alanı Erenler ilçesi sınırlarında Sakarya Nehri'nin doğusundan Mudurnu Çayı'na kadar olan kısımda 40°44' K - 40°45' K ile 30°27' D - 30°30' D koordinatları arasında yer almakta olup örnek almaya müsait; yerleşmelerin ve yer yer küçük sanayi alanlarının ayrıca tarım alanlarının da bulunduğu 4.5 km² lik bir alandır. D100 karayolunun her iki tarafındaki yüzey topraklarından (10 cm), yola dik olacak şekilde belirlenen 4 hat üzerinde, yola paralel 1, 25, 50, 100, 250 ve 500 metre mesafelerinden toplam 48 adet toprak örneği alınmıştır. Şekil 1'de çalışma sahasının lokasyon haritası ile örnekleme noktaları gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası ve örnekleme noktaları.
Figure 1. Location map of the study area and sampling points.

Topraktaki kimyasal olaylar sürekli olduğundan toprağın bileşimi de buna bağlı olarak devamlı değişmektedir. Toprağa çeşitli gübrelerin verilmesi, organik madde ilave edilmesi veya bazı elementlerin topraktan uzaklaşması, kullanılan tarım ilaçları ve yetiştirilen ürünler toprakta meydana gelen kimyasal olayların seyrini ve şiddetini etkileyen önemli faktörlerdir (Atalay, 2011). Tarım faaliyetlerinin fazla olduğu çalışma sahasında şeker pancarı tarımı yoğun olarak yapılmaktadır. Şekerpancarının yanı sıra mısır ve yonca da ticari amaçlı yaygın olarak yetiştirilmektedir (Sakarya İli Çevre Durum Raporu, 2008). Sahada sebze tarımı da oldukça yoğundur. Marul, ıspanak, karnabahar gibi sebzelerin yanı sıra mısır, şeker pancarı ve yem bitkileri ekonomik amaçlı burada yetiştirilen diğer ürünlerdir.

2.3. Laboratuvar Analizleri

Çalışma sahasından Eylül - Ekim ayları arasında hasat sonrası, D100 karayolunun her iki tarafındaki yüzey topraklarında 0-10 cm derinlikten, önceden koordinatlandırılmış 48 noktadan alınan örnekler poşetlenip etiklendikten sonra oda sıcaklığında kurutulmuş, 2 mm'lik elekten geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizlere hazırlanmıştır.

Toprakların fiziksel analizi, Bouyoucos-hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Toprak örneklerinin reaksyonu (pH) 1:2.5 sulandırma oranında cam elektrotlu pH-metre ile (Richards, 1954), kireç miktarları "Scheibler kalsimetre" yöntemiyle (Allison ve Moodie 1965); organik madde (O.M) içerikleri "Walkley-Black" yöntemiyle (Walkley, 1947) ve katyon değişim kapasitesi (KDK) Chapman ve Pratt (1961)'e göre toprak örnekleri ekstrakte edildikten sonra Inductively Coupled Plasma Optical Emission (ICP-OES) da tayin edilmiştir. Örneklerin elektrik iletkenliği (EC) 1:2.5 sulandırma ile tayin edilmiştir (Dellavalle, 1992). Değişebilir potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve sodyum (Na) analizleri Jackson (1958)' e göre belirlenmiştir.

2.4. İstatistiksel Analizler

Çalışmada 48 noktadan alınan toprakların, 12 adet fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait veriler tanımlayıcı istatistikler ve faktör

analizi yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin gruplandırılması amacıyla uygulanan faktör analizinde, veri setinin uygunluğunun belirlenmesinde Barlett ve Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) testlerinden, faktörlerin belirlenmesinde Temel Bileşenler Analizi yönteminden, döndürme işleminin yapılmasında ise Varimax tekniğinden yararlanılmıştır. Faktör analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0,5 olarak alınmıştır.

3. Bulgular

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbiriyle ilişkisi olmayan değişkenleri elde ederek toprak özellikleri arasında ne tür ve ne ölçüde bir ilişki olduğunu anlamaya yarayan çok değişkenli istatistik tekniğidir (Johnson ve Wichern 1992). Faktör analizi yaklaşımında amaç mevcut veri setinde boyut indirgemek ve daha anlamlı faktörler elde etmektir (Çelik, 2012).

Elde edilen toprak özelliklerine ait ortalama, standart sapma ve değişim katsayısı Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma alanındaki toprak özellikleri arasındaki değişimi kıyaslamak için değişim katsayısı kullanılmış ve Aweto (1982)'ye göre sonuçlar daha sonra dört sınıfa ayrılmıştır. Değişim katsayısı %20' den küçük ise düşük değişkenlikte, %21 ile 50 arasında ise orta, %51 ile 100 arasında ise yüksek değişkenlikte kabul edilir, %100'den büyük bir değerde ise çok yüksek kabul edilir. Çalışma alanındaki toprak özellikleri her bir eleman için önemli değişimler göstermiştir. Toprakların pH'sı ve Ca miktarları sırasıyla %2,31 ve %24,66 şeklinde düşük değişim katsayısı gösterirken silt, kil, kireç, OM, KDK, K ve Mg sırasıyla %25,99; %27,70; %28,73; %35,75; %24,66; %40,0 ve %41,58 ile orta özelliktedir. En yüksek değişim katsayısı (CV) ise kum (%83,18), EC (%56,60) ve Na (%87,54) olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Benzer bir çalışmada toprak özellikleri %6.85 ile %127 arasında değişkenlik göstermiş, en düşük değişkenlik toprak pH'sında gözlenmiştir (Olorunlana, 2015). Başka bir çalışmada Castrignano vd. (2000), pH'nın değişim katsayısını düşük olarak belirlemişler (%2.22), en yüksek değişim katsayısını ise Na (%87,02)'da tespit etmişlerdir. Shifteh Some'e vd.(2011) İran'da yaptıkları çalışmada en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliğinin EC, buna karşın en az değişkenlik gösterenin ise pH olduğunu belirlemişlerdir.

Faktör analizi, çok geniş bir veri seti (ya da korelasyon matrisinin) içinde yer alan çeşitli değişkenler arasındaki ilişkilerin tanımlanmasında ve normal dağılıma getirilmiş bir veri setinde tüm değişkenlerin içerisindeki istatistiksel olarak anlamlı faktörleri ortaya çıkartmada yararlıdır (Arp, 1984).

Faktör analizinde, fazla sayıdaki değişkenler, daha az sayıda faktör ile açıklanmaya çalışıldığından, öncelikle değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri dikkate alınır (Johnson ve Wichern, 1992). Değişkenler arasında korelasyon katsayıları 0.30 ve üzerinde ise, bu değişkenlerin yüksek olasılıkla faktör oluşturabileceklerini gösterir. Değişken sayısı fazla ise, korelasyon matrisinin yorumlanması zordur. Korelasyon matrisinin hesaplanmasında, değişkenler arasında yüksek korelasyon ilişkisi aranır. Aralarında korelasyon ilişkisinin çok güçlü olduğu değişkenler genel de aynı faktör içinde olacaktırlar (Kalaycı, 2014). Ayrıca veri setinin faktör analizine uygun olabilmesi için veri setinin normal dağılımlı olması gerekmektedir. Veri setine uygulanan Kolmogorov-Smirnov testine göre önem değeri 0,05'in altında olduğundan veri seti normal dağılımlı değildir. Yapılan bir çok çalışmada toprak özelliklerinin parsel ve tarla ölçeğinde genellikle normal dağılım göstermediği belirlenmiştir (Başbozkurt vd., 2013; Sağlam 2013; Bogunovic vd., 2014). Değişkenler arasındaki korelasyon matrisi oluşturulurken veri seti normal dağılımdan uzak olduğundan Spearman korelasyon katsayısı uygulanmıştır. Toprak özellikleri arasındaki ilişkiye ait korelasyon matrisi Tablo 2'de gösterilmiştir. Faktör analizi öncesinde, veri setinde normal dağılımdan uzak değerler sergileyen kum ve Na üzerinde karekök dönüşümü, EC üzerinde ise logaritmik dönüşüm uygulanmış böylece veri seti normal dağılıma yaklaştırılmıştır.

Faktör (temel bileşen) analizi korelasyon matrisi kullanılarak değişkenler üzerinde faktör yükünün belirlenmesinde farklı ölçü birimlerinin etkisini ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Faktör yükleri toprak özellikleri ile her bir faktör arasındaki basit korelasyonu ifade etmektedir. Öz değerler ise her bir faktör tarafından açıklanan değişkenlik miktarını ifade etmektedir. Öz değeri 1'den büyük faktörler veri içerisinde her bir toprak özelliğinden daha fazla toplam değişkenliği açıklarken, öz değeri 1'den küçük olanlar ise her bir toprak özelliğine göre daha düşük toplam değişkenliği ifade eder. Bu duruma göre yalnızca 1'den büyük olanlar dikkate alınır ve toprak özel-

Tablo 1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Table 1. Descriptive statistics of the soil properties.

	N	Minimum	Maksimum	Ort	Std. sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Değişim katsayısı %
Kum (%)	48	0,000	62,000	18,54167	15,424433	237,913	1,418	1,448	83,18
Silt (%)	48	12,000	50,000	30,56250	7,943702	63,102	0,236	0,123	25,99
Kil (%)	48	20,000	76,000	51,04167	14,139064	199,913	-0,503	-0,580	27,70
pH	48	7,440	8,240	7,94000	0,183454	0,034	-0,914	0,568	2,31
EC (mS/cm)	48	0,170	1,090	0,28479	0,161205	0,026	3,460	13,821	56,60
CaCO ₃ (%)	48	6,200	27,800	13,86042	3,983249	15,866	1,005	2,054	28,73
OM (%)	48	1,080	7,630	3,73500	1,335427	1,783	0,959	0,977	35,75
KDK (meq/100g)	48	14,260	64,800	45,85771	11,310142	127,919	-0,731	0,030	24,66
K (ppm)	48	1,216	931,000	458,17117	183,506694	33674,707	0,316	1,034	40,05
Ca (ppm)	48	3,233	8,850	5,91213	1,040242	1,082	-0,383	1,063	17,59
Mg (ppm)	48	72,260	949,000	520,73458	216,537266	46888,387	-0,117	-0,648	41,58
Na (ppm)	48	8,100	224,000	43,86458	38,402333	1474,739	3,044	10,719	87,54
Örnek sayısı	48								

Kum (%), Silt (%), Kil (%), pH, EC (mS/cm), CaCO₃(%), OM (%), KDK (meq/100g) verileri Çelenk (2015)' ten alınmıştır.

Tablo 2. Toprak özelliklerine ait Korelasyon Matrisi.
Table 2. Correlation matrix of the soil properties.

	Kum	Silt	Kil	pH	EC	CaCO ₃	OM	KDK	K	Ca	Mg	Na
Kum (%)	1,000											
Silt (%)	-0,207	1,000										
Kil (%)	-0,844**	-0,224	1,000									
pH	-0,202	0,211	0,100	1,000								
EC(mS/cm)	0,209	-0,310*	-0,015	-0,507**	1,000							
CaCO ₃ (%)	0,050	-0,089	-0,027	-0,043	0,157	1,000						
OM (%)	0,022	-0,082	0,043	-0,537**	0,598**	0,062	1,000					
KDK (meq/100g)	-0,559**	0,044	0,601**	-0,150	0,091	-0,513**	0,301*	1,000				
K (ppm)	-0,001	-0,008	0,069	-0,152	0,383**	-0,067	0,492**	0,213	1,000			
Ca (ppm)	-0,773**	-0,084	0,852**	0,034	-0,058	-0,372**	0,052	0,804**	0,044	1,000		
Mg (ppm)	-0,486**	0,157	0,467**	0,013	0,016	-0,319*	0,066	0,793**	0,222	0,556**	1,000	
Na (ppm)	-0,430**	-0,139	0,451**	0,206	0,046	0,013	-0,040	0,408**	0,032	0,416**	0,537**	1,000

*: p<0,05; **: p<0,01

Kum (%), Silt (%), Kil (%), pH, EC (mS/cm), CaCO₃(%), OM (%), KDK (meq/100g) verileri Çelenk (2015)'ten alınmıştır.

likleri en yüksek öz değere sahip faktöre atanırlar (Olorunlana, 2015).

Field (2000), Kaiser-Meyer-Olkin testi için 0.50 değerinin alt sınır olması gerektiğini ve daha düşük olması durumunda veri kümesinin faktörlenemeyeceğini belirtmektedir. Bu doğrultuda Barlett testinin anlamlı ve Kaiser-Meyer-Olkin testinin ise 0.50'den büyük çıkması beklenir.

Çalışmada Kaiser-Mayer-Olkin katsayısı 0,596 ve Barlett Küresellik testi önemlilik değeri 0,00 olarak belirlenmiştir. Toprak özelliklerine ait veri setinin örneklem büyüklüğü faktör analizi için yeterli bulunmuştur (Hair vd., 1998). Faktör analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0,5 olarak alınmıştır. Toprak özelliklerinin öz değer yapısı Tablo 3'te gösterilmiştir. Buna göre faktör analizi uygulamasında özdeğerleri 1'den büyük olan 4 faktör belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toplam değişimin %91'i bu faktörler tarafından açıklanmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Dönüştürülmüş bileşenler matrisi.

Table 3. Rotated component matrix.

Component	Öz değerler		
	Toplam	% Varyans	% Kümülatif varyans
1	3,757	41,745	41,745
2	2,341	26,012	67,757
3	1,079	11,99	79,747
4	1,03	11,447	91,193
5	0,33	3,666	94,859
6	0,256	2,845	97,704
7	0,128	1,421	99,125
8	0,059	0,653	99,779
9	0,02	0,221	100

Faktör analizinin başarısını ve açıklanan varyans oranını yükseltmek amacıyla çalışmada incelenen fizisel ve kimyasal toprak özelliklerinden oransal ortak etken varyansı 0,5'in altında olan K, faktör analizine değişken olarak dahil edilmemiş ve % 78 olan toplam değişkenlik bu durumda % 83'e yükselmiştir. Daha sonra analiz tahmin derecesini artırmak için Na ve Mg veri setinden çıkartılmıştır. Sonuç olarak faktör analizinde daha yüksek bir tahmin elde etmek için oransal etken varyansı düşük

olan K, Na ve Mg veri setinden çıkartıldığında 91% oranında yüksek bir tahmin elde edilmiştir. Faktör analizi sonuçlarına göre, silt en yüksek yük değeri olarak faktör bileşeni olarak atanan toprak fiziksel özelliği olurken, pH ise en düşük yük değeri olarak atanan toprak kimyasal özelliği olmuştur.

Temel bileşenlere ait sonuç istatistikleri Çizelge 4' te verilmiştir. Toprak özelliklerinden kil, KDK, Ca ve sqrtKum faktör 1'e faktör yükü olarak atanırken, pH, OM ve LogEC faktör 2'ye atanmıştır. Kireç tek başına faktör 3'e atanırken, silt tek başına faktör 4'e atanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Temel bileşenlere ait sonuç istatistikleri.

Table 4. Final istatistics of the principal components.

	Faktör				Oransal Etken Varyansı (%)
	1	2	3	4	
Silt(%)	0,031	-0,099	-0,037	0,986	0,985
Kil (%)	0,967	-0,118	0,043	-0,154	0,974
pH	0,106	-0,875	-0,073	0,145	0,804
CaCO ₃ (%)	-0,165	0,164	0,952	-0,027	0,961
OM (%)	0,092	0,898	-0,089	0,102	0,834
KDK(meq/100g)	0,86	0,211	-0,386	0,081	0,94
Ca (ppm)	0,914	-0,032	-0,293	-0,036	0,924
LogEC(mS/cm)	-0,137	0,811	0,358	-0,164	0,831
sqrtKum (%)	-0,906	0,186	-0,091	-0,302	0,955

Silt (%), Kil (%), pH, EC (mS/cm), CaCO₃ (%), OM(%), KDK (meq/100g) verileri Çelenk (2015)'ten alınmıştır.

Birinci faktör kum üzerinde yüksek negatif yükü göstermekte olup, kil, KDK ve Ca, üzerinde yüksek pozitif yükü göstermektedir. Buna göre bu faktör tekstürel özellikleri ifade etmektedir. İkinci faktör pH üzerinde yüksek negatif yükü gösterirken, OM ve logEC üzerinde yüksek pozitif yükü göstermiştir. Faktör 2, organik madde ve toprak reaksiyonu olarak ifade edilebilir. Üçüncü faktör CaCO₃ ile pozitif yüke sahiptir. Dördüncü faktör silt üzerinde pozitif yüke sahiptir. Bu şekilde dönüştürülmüş faktör analizi ile toprakların mekânsal dağılımında farklı toprak özelliklerinin ayırt edici rolü açıkça ortaya konulmuştur.

3. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada Erenler sınırları içerisinde yer alan çalışma sahasındaki toprakların mekânsal değişimi incelenmiştir. Kaiser-

Mayer-Olkin katsayısı 0,596, Barlett Küresellik testi önemlilik değeri 0,00 olarak belirlenmiş olup, çalışmanın veri seti faktör analizine orta derecede uygun bulunmuştur. Yöre topraklarının pH'sı ve Ca miktarları düşük değişim katsayıları göstermiştir. Bu durum söz konusu toprak özelliklerinin kısa mesafede benzer iklim şartları ve anakaya etkisini yansıtması ile ilişkili olmalıdır. Faktör analizi sonuçlarına göre, silt en yüksek yük değeri olarak faktör bileşeni olarak atanan toprak fiziksel özelliği olurken, pH ise en düşük yük değeri olarak atanan toprak kimyasal özelliği olmuştur. Sonuç olarak, çalışma alanındaki toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliği ağırlıklı olarak organik madde, kimyasal özellikler ve tekstürel özelliklere bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiş ve sahadaki toprak özelliklerinin değişkenliğini göstermede önemli faktörler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Belirlenen faktörler toplam değişkenliği %91 oranında temsil ettiğinden, yüksek bir tahmin elde edilmiştir.

Faktör analizi sonuçlarına göre toprak özelliklerinin mekânsal değişimde ayırt edici özelliği ortaya konulmuştur. Toprak özelliklerindeki bu değişkenliğin topografya, iklim ve arazi kullanımı gibi kompleks etkileşimlerden ortaya çıktığı söylenebilir. Ayrıca bu değişim toprak partiküllerinin bir yerden bir yere aşınma ve depolanma süreçleriyle yeniden yer değiştirmesiyle de alakalıdır. Topografya iklim ve toprak kullanımının birlikte etkileşimi toprak özelliklerinin mekânsal değişiminde önemli rol oynamaktadır. Ancak çalışma alanının sınırları içinde iklim ve topografya şartlarının benzer özellikler taşıdığı göz önüne alındığında toprak özelliklerindeki mekânsal değişimde ağırlıklı olarak arazi kullanımının etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu değişkenliklerin tespiti, kısa süreli arazi kullanım değişikliklerinin toprak özellikleri üzerine etkilerinin anlaşılabilmesi bakımından coğrafi değer taşımaktadır.

Araştırmamızda elimizdeki imkânlar ölçüsünde çalışma sahasını temsil etmesi için oluşturulan hatlar üzerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen veriler, daha sonraki yıllarda yapılacak olan detaylı araştırmalar için bir kaynak teşkil etmesi açısından önemlidir. Toprak örnek sayısı ve alınan örnekler arası mesafe daha sık tutularak yapılacak çalışmalarda daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca, imkânların elverdiği ölçüde tüm Sakarya ilini içine alan, sık hatlar oluşturularak ve toprak örnek sayısı artırılarak daha hassas bir şekilde toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişkenlik incelenmelidir. Böylece, topraktan faydalanmada daha bilinçli tohum seçimi, gübre kullanımı, ürün tespiti mümkün olabilecektir.

Katkı Belirtme

Çalışmada istatistiksel analizlere katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM'a içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yüksek lisans tez danışmanlığım süresince bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, yetişmemde büyük emeği bulunan saygın hocam Prof. Dr. Fatma Tülay KIZILOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Kaynakça

Adebayo, A.A.(1997).“Factor analysis of forest floor variability in savanna woodland of Southwestern Nigeria”. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*,3:255-263.
Allison, L.E., Moodie C. D. (1965). “Carbonate. In C.A.Black vd. (ed.) *Methods of Soil Analysis*”. Part 2. 2nd Edition. Agro-

nomy Monograph, 9.ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, p. 1379-1400”.
Atalay, İ.(2011). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir s: 396,435.
Arp, P.A.(1984). “Forest floorvariability andfactor analysis: a case study”. *Canadian Journal of SoilScience*, 64:457–461.
Aweto, A.O. (1982). “Variability of Upper Slope soils developed on sandstones in Southwestern Nigeria”. *Nigerian Geographical Journal*, 25 (12): 27-37.
Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A. Gündoğan, R., Genç, A. (2013). “Toprak Özelliklerinin Mekânsal Değişim Desenlerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi”.*Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44 (2): 169-181.
Behera S.K., Shukla, A.K. (2015). “Spatial Distribution Of Surface Soil Acidity, Electrical Conductivity, Soil Organic Carbon Content And Exchangeable Potassium, Calcium And Magnesium In Some Cropped Acid Soils Of India”. *Land Degradation Development*, 26: 71–79.
Bogunovic, I., Mesic, M., Zgolec, Z., Jurisic, A., Bilandzija, D. (2014). “Spatial variation of soil nutrients on sandy-loam soil”. *Soil and Tillage Research*, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.07.020>
Bouyoucus, G. D. (1951). “A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil”. *Agronomy Journal*,43: 434- 438.
Castrignano, A., Giugliarini L., Risaliti,R., Martinelli, N. (2000). “Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics”. *Geoderma*, 97: 39–60.
Çelenk, F. (2015). “Erenler İlçesi D100 Karayolu Boyunca Uzanan Topraklardaki Ağır Metal (Pb ve Cd) Kirliliğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gösterilmesi”. *Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
Çelik, Ş. (2012). “Türkiye’de İllerin Bitkisel Üretiminin Faktör Analizi ile İncelenmesi”. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2): 69-76.
Chandra, R., Ganesan, N., Prusty, B. A. K., Abdul Azeed,P.(2012). “Soil Properties of a Tropical Savannah in the Eastern Ghats of India”. *Open Journal of Soil Science*, 2: 353-363. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2012.24042>
Chapman, H.D., Pratt, P. F. (1961). “Methods of analysis for soils, plants and waters”.*University of California, Division of Agricultural Sciences. USA*,p.1-309.
Dellavalle, N.B. (1992). “Determination Of Specific Conductance in Supernatant 1:2 Soil:Water Solution in Handbook on Reference Methods For Soil Analysis”. *Soil and Plant Analysis Council, Inc. Athens, GA*.
Efe, R. (1999). “Güney Marmara Bölümü Batısında Toprak Oluşumunu Etkileyen Coğrafi Faktörler ve Toprakların Özellikleri”. *Türk Coğrafya Dergisi*, 34: 193-209, İstanbul.
Erşahin S., Karaman, M.R. (2000). “Toprak Değişkenliğinin Yere Özgü Amenajman ve Toprak Verimliliği Çalışmaları İçin Değerlendirilmesinde Faktör Analizinin Kullanılması”. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(2):76-81.
Field, A. (2000). *Discovering Statistics using SPSS for Windows*.London, Thousand Oaks, Sage Publications, New Delhi.
Githae, E.W., Gachene, C.K., Njoka, J.T. (2011). “Soil physicochemical properties under Acacia Senegal varieties in the dryland areas of Kenya”. *African Journal of Plant Science*

- 5(8):475-482.
- Hair, J. F, Anderson, R.E, Tatham, R. L., Black, W. C. (1998). *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- Jabro, J.D., Stevens, B. W., Evans, R.G. (2006). "Spatial Relationships Among Soil Physical Properties In A Grass-Alfalfa Hay Field". *Soil Science* 171(9):719-727.
- Jackson, M. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice –Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, p. 1-498.
- Jenny, H. (1941), *Factors of Soil Formation A System of Quantitative Pedology*, Dover Publications, Inc., New York.
- Johnson, R.A., Wichern, D. W. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey, Prentice-Hall Inc, p.396-397.
- Kalaycı, Ş. (2014). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Uygulamaları*, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, s: 328.
- Karabulut, A. Ünver, İ. (2010). "Çukurova'da Alüvyiyal Bir Tarım Arazisinde Bazı Toprak Verimlilik Özelliklerinin Jeostatistiksel Modellemesi". *Ankara Üniversitesi Yayınları*, s:167.
- Lindsay, W. L., Norvell, W. A.(1978). "Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper". *Soil Science Society of American Journal*, 42:421-428.
- McGrath, D., Zhang, C., Carton, O.T. (2004). "Geostatistical Analyses and Hazard Assessment on Soil Lead in Silvermines Area, Ireland". *Environmental Pollution*, 127(2):239-248.
- MGM (2013). *Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğü (1960-2013 Yılları Arası İklim Verileri)*.
- Olorunlana, F.A. (2015). "Factor Analysis of soil spatial variability in Akoko Region of Ondo State, Nigeria", *Journal of Geography and Regional Planning*, (8)1:12-15.
- Onweremadu E., Akamigbo F.O.R.(2007). "Spatial Changes in the Distribution of Exchangeable Cations in Soils of a Forested Hilly Landscape". *Research Journal of Forestry* 1(2): 55-65.
- Özyazıcı, M.A., Sağlam, M., Dengiz, O., Erkoçak, A. (2013). "Çay Tarımı Yapılan Topraklara Yönelik Faktör Analizi ve Jeostatistik Uygulamaları: Rize İli Örneği". *Toprak Su Dergisi*, 3(1):12-23.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of satransect and alkatransect soils*. Handbook 60. Department of Agriculture, United State.
- Sağlam, M. (2013). "Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ile Toprak Özelliklerinin Gruplandırılması". *Toprak Su Dergisi*, 2(1):7-14.
- Sağlam, M. (2015). "Evaluation of the physicochemical properties of the alluvial and colluvial soils formed under ustic moisture regime using multivariate geostatistical techniques". *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(7): 943–957.
- Sakarya İli Arazi Varlığı (1995). *Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları*, Ankara, s:10,11,13.
- Sakarya İl Çevre Durum Raporu, (2008). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü*.
- Shifteh Some'e B., Hassanpour F., Ezani, A., Miremadi, S. R., Tabari, H. (2011). "Investigation of spatial variability and pattern analysis of soil properties in the northwest of Iran". *Environmental Earth Sciences*. DOI 10.1007/s12665-011-0993-0.
- Shukla, M. K., Lal, R., Ebinger, M. (2006). "Determining soil quality indicators by factor analysis". *Soil and Tillage Research*, 87: 194–204.
- Walkley, A. (1947). "A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents". *Soil Science* 63: 251-263.
- Zeybek, H. (2003). "Turhal Ovası ve Yakın Çevresi Toprakları", *Türk Coğrafya Dergisi* 41: 41-60, İstanbul.