

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens>

5(2), 131-152, (2023) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1364192>



Yarı Kurak Ekolojik Koşullara Sahip Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi; Samsun-Vezirköprü Örneği

Determination of Spatial Distributions of Soils with Semi-Arid Ecological Conditions in terms of Fertility Characteristics; Samsun-Vezirköprü Example

Fikret SAYGIN^{1*}, Halil AYTOP², Orhan DENGİZ³, Yusuf KOÇ⁴, Ali İMAMOĞLU⁵

¹Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Sivas, Türkiye

²Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Kahramanmaraş, Türkiye

³Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

⁴Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Samsun, Türkiye

⁵Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, Sinop Üniversitesi, Sinop, Türkiye

(Alındı: 21 Eylül 2023; Kabul edildi: 10 Kasım 2023)

Özet. Hem karasal hem de Karadeniz iklim özelliklerinin görüldüğü Samsun ili Vezirköprü ilçesi, bitki yetiştiriciliği açısından polikültür tarım yapılabilme olanağına sahiptir. Toplam 111 km²'lik alandan 400 x 400 m aralıklarla grid sisteme göre yüzey (0-20 cm) ve yüzeyaltı (20-40 cm) olmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde makro ve mikro düzeyde analizler gerçekleştirilmiş ve coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS), ArcGIS programı kullanılıp en düşük hata kareler ortalamasına sahip model seçilerek enterpolasyon haritaları üretilmiştir. Toprak örneklerinde gerçekleştirilen tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre tüm parametrelere ait veriler

sağa çarpık (pozitif) iken, basıklık durumları normale göre daha dik, varyasyon katsayıları ise yüksek değişkenliğe sahiptir. Çalışma alanının yüzey ve yüzey altı topraklarının büyük bir bölümünde N içeriği yeterli, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum içerikleri ise yetersiz durumdadır. Alanın büyük bölümünde Na içeriği düşük, Ca, Mg, ve K içeriğinin ise yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Vezirköprü, toprak verimliliği, üretkenlik, CBS, enterpolasyon

Abstract. Vezirköprü district of Samsun province, where both continental and Black Sea climate characteristics are observed, has the opportunity to carry out polyculture agriculture in terms of plant cultivation. Soil samples were taken as surface (0-20 cm) and subsurface (20-40 cm) according to the grid system at intervals of 400 x 400 m from a total area of 111 km². Macro and micro level analyzes were carried out on the samples taken, and interpolation maps were produced by using the Geographic Information Systems (GIS) ArcGIS program and selecting the model with the lowest mean square error. According to the descriptive statistics results performed on soil samples, the data for all parameters are skewed to the right (positive), the kurtosis situations are steeper than normal, and the coefficients of variation have high variability. In most of the surface and subsurface soils of the study area, N content is sufficient, but available phosphorus and available potassium contents are insufficient. It was observed that the Na content was low in most of the area, while the Ca, Mg, and K contents were high.

Key words: Vezirköprü, soil fertility, productivity, GIS, interpolation

1. Giriş

Farklı zaman ve mekân ölçeğinde doğal olarak oluşumu yüzyıllar alan toprakların [1], kendine özgü kullanım ve yönetim istekleri bulunmaktadır. Bu nedenle topraklara ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi, topraklara ait yönetim özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Tarımsal üretimin devamlılığı, toprak ve su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi ile mümkündür. Topraklara ait karakteristik özelliklerin belirlenmesi, onların üretim gücünün tahmini ve verimlilik parametrelerinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasının yanında, koruma ve yönetim uygulamalarına yönelik etkin kararların alınabilmesi açısından önemlidir. Tarım arazilerinin yaşanan nüfus yoğunluğu nedeniyle aşırı ve amaçları dışında kullanımı, doğal

olarak üzerlerindeki baskıyı arttırarak, üretkenlikleri ve biyoçeşitliliklerinin azalması hatta yok olması ile sonuçlanmaktadır [2]. Bu nedenle doğal olarak oluşumu yüzyıllar alan toprakların çok daha etkin korunmasını ve sürdürülebilirliği açısından caydırıcı önlemler alınmasını gerekli kılmaktadır.

Topraklara ait verimlilik parametrelerinin alansal dağılımlarının farklılık göstermesi, çevreye ve üretilen ürüne duyarlı daha hassas gübre ve yetiştiricilik teknolojilerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır [1,3]. Toprak içerisinde yer alan besin elementlerinin dağılımı ve dengesi sürdürülebilir toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından önem arz etmektedir [1].

Toprak özelliklerinin kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi ve noktasal olarak elde edilen toprak örneklerinin alansal olarak yorumlanmasında klasik istatistik yöntemler yetersiz kalmaktadır. Ayrıca farklı mekânsal ve zamansal ölçekte yapılan toprak örneklemlerine ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler arazi üzerinde heterojen dağılım gösterebilmektedir [4-6]. Enterpolasyon yöntemleri ile toprak özelliklerine yönelik dağılımların değerlendirilmesi, toprak verimliliği üzerinde etki edebilecek tüm değişkenlerin belirlenmesi, takip edilmesi ve yorumlanmasının yanı sıra etkili yönetim uygulamalarının geliştirilmesi açısından büyük öneme sahiptir [7]. Son yıllarda farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprak özelliklerinin yüksek doğruluk ile dağılım haritalarının oluşturulduğu çalışmalar bulunmaktadır [7-14]. Ayrıca arazi üzerinde süreklilik ve heterojen özellik gösteren topraklarda, her noktada ölçüm ve analizin yapılabilmesi mümkün olmadığından mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi de büyük öneme sahiptir [15]. Bu nedenle Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları ile alansal veri tahmininde farklı enterpolasyon yöntemlerinin kullanılması, mekânsal değişkenliğin belirlenebilmesine katkı sunmaktadır. Ayrıca toprak özelliklerine yönelik üretilecek mekânsal dağılım haritaları sonrasında gerçekleştirilecek farklı kullanım türleri ve uygulamalar için veri tabanı niteliğindedir.

Tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı Vezirköprü ilçesinde büyük çoğunluğu basınçlı sulama sistemleri ile desteklenmiş olan çalışma alanında toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine yönelik dağılım haritalarının oluşturulması verim üzerinde önemli düzeyde etki edeceği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışma alanı içerisinde tarım, orman ve mera gibi farklı kullanım türleri içerisinde 400 x 400 m aralıklarla alınmış toprak örneklerinde

belirlenmiş olan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları farklı enterpolasyon modelleri ile değerlendirilerek, en düşük hata aralığına sahip modele ilişkin dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Araştırma alanı 4660758.63 – 4546788.18 Kuzey enlemleri 706790.24 – 719830.42 Doğu boylamları (WGS-84, UTM-m, 36T Zone) içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık olarak 11.100 ha'lık alana sahiptir.

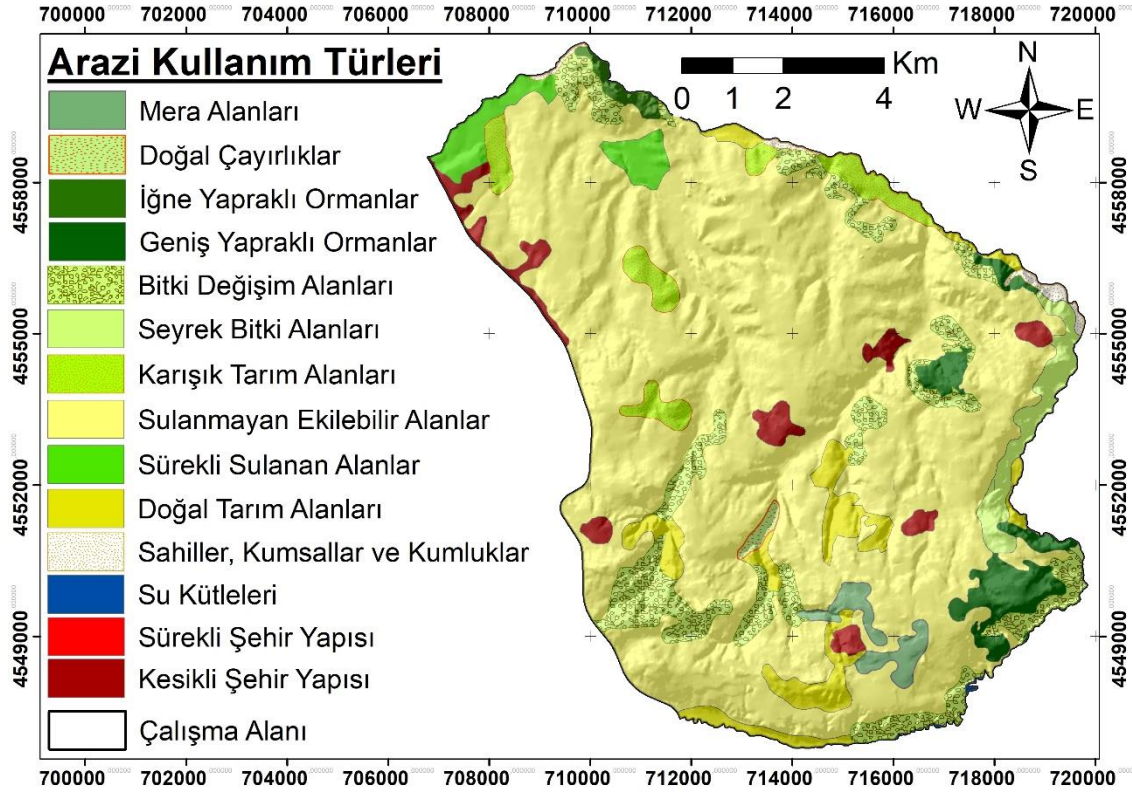


Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Alan içerisinde çoğunluğu tarım arazilerine sahip orman ve mera gibi farklı kullanım türleri bulunmaktadır. Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği 240-750 m arasında değişmektedir. Bölgenin kuzeydoğu ve güney kesimlerinde %30'un üzerinde dik eğime sahip alanlar bulunmasına rağmen, bunların büyük bir çoğunluğu ekili tarıma uygun, düze yakın, hafif ve orta eğimlerde (%0-12) yer almaktadır. Ayrıca alanın büyük bir kısmı kuzey, kuzeydoğu ve güneybatı yöneylerine sahip arazilerden oluşmaktadır [16].

İklim özelliği açısından Vezirköprü, karasal iklim özellikleri ile sahil kesimine özgü nemli ılıman iklim arasında geçiş kuşağı özelliğindedir. Bu nedenle kış ayları kıyı

kesimine göre daha soğuk, yaz ayları ise daha sıcaktır. Uzun yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C, yıllık ortalama yağış değeri ise 527.0 mm dir [17]. Alan içerisinde yayılım gösteren toprakların Newhall simülasyon modeli [18] ile belirlenen toprak nem rejimi Typic Xeric, sıcaklık rejimi ise Mesic olarak belirlenmiştir [19]. Arazi örtüsü/arazi kullanım türünü belirlemek üzere Corine 2018 verisine dayalı oluşturulan haritada, alanda en fazla yayılım gösteren kullanım biçimini tarım alanları oluşturmaktadır (Şekil 2).

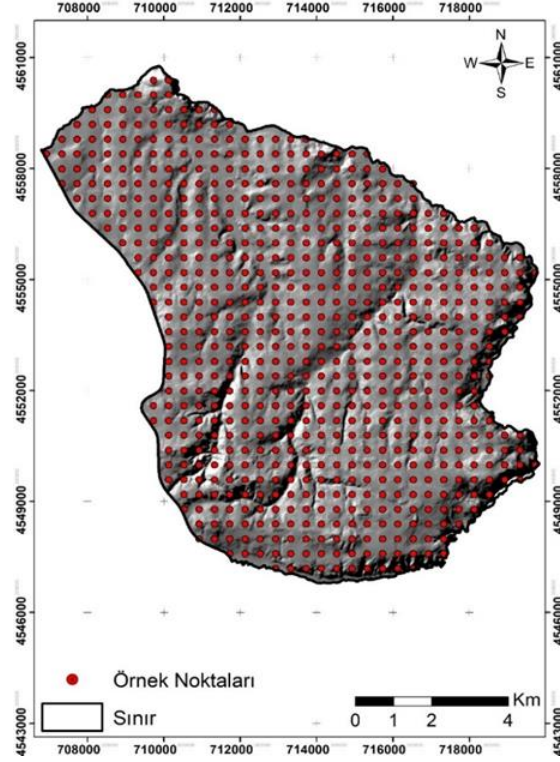


Şekil 2. Çalışma alanına ait arazi kullanım türleri

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme ve analizler

Yaklaşık 11100 hektarlık çalışma alanı içerisinde tarım, orman ve mera kullanımına yönelik 400m x 400m mesafeli grid örnekleme modeline göre yüzeyden (0-20 cm) 656 ve yüzey altından (20-40 cm) toplamda 637 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Toprak örnekleme yapılan noktalar

Alınan örnekler laboratuvara getirilerek doğal koşullar altında güneş ışığı almayan ortamda kurutularak tahta tokmak ile dövülmüş ve 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; alınabilir fosfor içerikleri (P) Olsen yöntemine göre [20]; azot (N) Kjeldahl yaş yakma [21], yarayışlı potasyum ise 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir [21]. Toprakların demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri ise; DTPA ile ekstraksiyon sonrasında elde edilen çözeltinin atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde okunmasıyla [22] saptanmıştır. Toprak özelliklerinin aralık sınıflarının değerlendirilmesinde, [22] ile [23] tarafından bildirilen sınır değerler kullanılmıştır. Toprakta ekstrakte edilen Bor (B) miktarı azometin-H yöntemi ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir [24].

2.2.2. Enterpolasyon yöntemleri

Toprak özelliklerinin alansal dağılımının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan IDW, RBF (spline) deterministik yöntemler ile stokastik yöntemlerden Kriging (ordinary, simple ve universal) enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır. IDW enterpolasyon tekniği, deterministik bir yöntemdir [9]. Enterpolasyon aşamasında matematiksel fonksiyonlar

deterministik teknikler ile belirlenirken, stochastic (jeostatistiksel) yöntemler; tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları ortaya koyabilmek amacıyla hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır [25]. Yöntemlerin birbirleriyle kıyaslanması ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir [1,10]. Ölçülen değerler ve enterpolasyonlar ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi yorumlayabilmek ve kullanılan yöntemler içerisinde en uygun olanının seçilmesinde yaygın olarak ortalama hata kareleri toplamının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi bazı parametreler dikkate alınmaktadır [26,10]. Bu çalışmada RMSE seçilerek, enterpolasyonda kullanılan on beş yöntem (Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW); 1,2,3, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF); Thin Plate Spline, Completely Regularized Spline, Spline With Tension, Kriging; Doğal (Ordinary), Basit (Simple), Evrensel (Universal) karşılaştırılmıştır. En düşük kare kök ortalama hata değerini veren yöntem, en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki (1) eşitlikler kullanılmıştır [27].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Z_i^* - Z_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Eşitlikte;

Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* : ölçülen değer ve n : örnek sayısını ifade etmektedir.

Toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler IBM SPSS 23 paket programı, analiz sonuçlarına yönelik konumsal dağılım alanlarının belirlenmesinde ise ArcMap 10.8v programı kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Toprakların genel özellikleri

Çalışma alanından yüzey ve yüzey altı derinliklerinden alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analiz değerlerine ilişkin en düşük ve en yüksek değer, standart sapma, varyans, ortalama değer, çarpıklık ve basıklık gibi tanımlayıcı istatistik sonuçları hesaplanmış ve Tablo 1’ de verilmiştir. Herhangi bir veri setine ait özelliklerin simetrik dağılım sergilemesi, o veri setin normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir [13].

Normal dağılıma ait simetrisinin bozukluk derecesi çarpıklık (skewness) olarak ifade edilmektedir. Verilerin dağılışı sağa doğru uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesi ise basıklık (kurtosis) olarak ifade edilmektedir [28]. Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı topraklarında ele alınan değerler sağa (pozitif) çarpık özelliktedir. Basıklık (kurtosis) katsayıları incelendiğinde genellikle tekstürel fraksiyonda normal'e yakın bir dağılım sergilenirken, mikro ve makro elementlerin dağılım durumlarında pozitif yüksek basıklık belirlenmiştir. Bu da normale göre daha dik bir dağılım sergilemesine yol açmıştır. Varyasyon katsayısı düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflanmaktadır [29-31]. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarında tüm parametreler yüksek değişkenliğe sahiptir.

Tablo 1. Topraklar analizlerine yönelik tanımlayıcı istatistik değerleri

Tanımlayıcı İstatistik	Derinlik (cm)	EDD	EYD	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Varyasyon Katsayısı*	Çarpıklık	Basıklık
P ₂ O ₅ (kgda ⁻¹)	0-20	0.07	83.28	10.23	10.67	113.86	104.30	2.63	8.96
	20-40	0.09	80.80	5.84	8.02	64.25	137.33	4.12	23.68
K ₂ O (kgda ⁻¹)	0-20	0.60	30.13	4.73	2.91	8.45	61.52	3.39	19.26
	20-40	0.60	24.79	3.76	2.69	7.23	71.54	3.53	18.61
N %	0-20	0.01	0.45	0.16	0.06	0.01	37.50	1.43	4.58
	20-40	0.01	0.49	0.12	0.05	0.01	41.67	1.56	9.41
ppm_Bor	0-20	0.36	7.51	2.16	0.99	0.99	45.83	1.58	4.36
	20-40	0.24	8.98	1.90	1.00	1.00	52.63	2.15	8.99
Fe (mgkg ⁻¹)	0-20	0.65	61.87	7.14	8.07	65.13	113.03	3.33	12.97
	20-40	0.39	55.51	5.98	5.39	29.00	90.13	3.73	21.52
Cu (mgkg ⁻¹)	0-20	0.20	14.95	1.97	0.97	0.95	49.24	5.06	55.41
	20-40	0.12	10.79	1.92	0.91	0.82	47.40	2.62	18.63
Zn (mgkg ⁻¹)	0-20	0.02	5.22	0.48	0.39	0.15	81.25	5.04	41.60
	20-40	0.02	24.97	0.38	1.02	1.03	268.42	22.40	540.28
Mn (mgkg ⁻¹)	0-20	1.89	133.40	16.78	17.25	297.52	102.80	3.82	17.39
	20-40	0.85	117.38	13.03	10.31	106.38	79.13	4.06	25.24
Na (mgkg ⁻¹)	0-20	2.50	1040.00	54.35	71.53	5116.22	131.61	6.72	71.40
	20-40	2.50	1662.50	61.79	97.31	9469.40	157.49	9.48	130.40
K (mgkg ⁻¹)	0-20	50.00	2502.50	396.10	254.83	64938.32	64.33	3.71	21.91
	20-40	50.00	2057.50	312.21	223.19	49815.05	71.49	3.53	18.61
Ca (mgkg ⁻¹)	0-20	660.00	57000.00	7968.60	5510.37	30364140.01	69.15	4.60	31.50
	20-40	680.00	59000.00	8013.62	6021.74	36261367.25	75.14	4.67	29.29
Mg (mgkg ⁻¹)	0-20	468.00	27882.00	2356.84	2628.07	6906753.37	111.51	4.34	31.66
	20-40	96.00	34752.00	2544.98	3316.95	11002168.00	130.33	5.43	42.05
Bor (ppm)	0-20	0.36	7.51	2.16	0.99	0.986	45.92	1.58	4.36
	20-40	0.24	8.98	1.90	1.00	1.002	52.66	2.15	8.99

*Varyasyon Katsayısı: <15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik, EDD: En düşük değer, EYD: En yüksek değer

3.2. Enterpolasyon modeller ve dağılım haritaları

Çalışma alanı içerisinde koordinatı bilinen noktalardan alınan topraklara yönelik analizlerin, alansal dağılımlarını belirlemek amacıyla ArcMap 10.8v yazılımı kullanılarak

enterpolasyon yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) ait ve deterministik yöntemlerden Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) ve Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) metotlarının alt düzeyleri de dikkate alınmak suretiyle 15 metod karşılaştırılmıştır (Tablo 2). Samsun ili Alaçam ilçesi çeltik yetiştirilen alanlarda Fe ve Mn içeriklerinin alansal değişimini belirlemek amacıyla 54 farklı noktadan 4 farklı derinlikten aldıkları örneklerde dağılımdaki en uygun yöntemi belirlemek için Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW), Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK) olmak üzere 6 farklı enterpolasyon yöntemini kullanmışlardır. En uygun enterpolasyon yöntemini belirlemede Ortalama Hata Kareleri Karekökü (RMSE) ve Mutlak Ortalama Hata (MAE) değerlerini dikkate almışlardır [10].

Yüzey toprak (0-20 cm) örneklerinde % N özelliği için IDW modelinin 2. seviyesi, Mn (mg/kg) özelliğinde ise kriging modelinin ordinary modeline ilişkin en düşük RMSE değeri dikkate alınırken, diğer özellikler için kriging modelinin simple modelinde en düşük hata elde edilmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarında ise Cu ve Zn için en düşük RMSE değeri IDW modelinin 1. seviyesinde, diğer parametrelerdeki en düşük değerler kriging modelinin simple, ordinary ve exponential yöntemlerinden elde edilmiş olup, tüm parametrelere ilişkin dağılım haritalarının hata seviyeleri Tablo 2' de belirtilmiştir. AbdelRahman ve ark. [32] yaptıkları çalışmada jeostatistik yöntemlerden kriging, regresyon kriging ve IDW modellerini ile toprak özelliklerine yönelik üretmiş oldukları dağılım haritalarında ortalama karesel hatayı (MSE) dikkate alarak haritaların performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada IDW tahmin yönteminin kriging modellere göre daha yüksek verimlilik gösterdiğini belirtmişlerdir. Ortalama karesel hataları (MSE) dikkate alarak dağılım haritaları üretmişlerdir. Mera vejetasyon ve çevresel özelliklerine yönelik yapılan bir çalışmada [33], IDW, RBF, Kriging modellerine ilişkin 17 farklı semivariogram yöntemine yönelik parametrelerin en düşük RMSE değerlerini dikkate alarak dağılım haritaları üretilmiştir.

Tablo 2. Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerine ait enterpolasyon modellerin RMSE değerleri

Yüzey (0-20 cm)				Yüzey altı (20-40 cm)			
Sıra	Analiz	Yöntem	Değer	Sıra	Analiz	Yöntem	Değer
1	N	IDW 2. Derece	0.054	1	N	Kriging, Ordinary, Gaussian	0.045
2	P ₂ O ₅	Kriging, Simple, Exponential	10.298	2	P ₂ O ₅	Kriging, Simple, Spherical	7.820
3	Na (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.391	3	Na (mg/kg)	Kriging, Universal, Gaussian	1.099
4	K ₂ O	Kriging, Simple, Spherical	2.802	4	K ₂ O	Kriging, Simple, Exponential	2.547
5	K (mg/kg)	Kriging, Simple, Spherical	1.248	5	K (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.231
6	Ca (mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	1.279	6	Ca (mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	1.096
7	Mg (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.231	7	Mg (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.197
8	Fe(mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	6.506	8	Fe (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	4.761
9	Cu(mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	0.911	9	Cu (mg/kg)	IDW 1. Derece	0.824
10	Zn(mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	0.373	10	Zn (mg/kg)	IDW 1. Derece	1.012
11	Mn(mg/kg)	Kriging, Ordinary, Exponential	13.812	11	Mn (mg/kg)	Kriging, Universal, Gaussian	9.239
12	Bor (ppm)	Kriging, Simple, Spherical	0.760	12	Bor (ppm)	Kriging, Ordinary, Spherical	0.756

IDW: Inverse Distance Weighting, RBF: Radial Polynomial Interpolation, SWT: Spline With Tension, G: Gaussian, Exponential: Üstel, Spherical: Küresel, Ordinary: Doğal, Simple: Basit, Evrensel: Universal

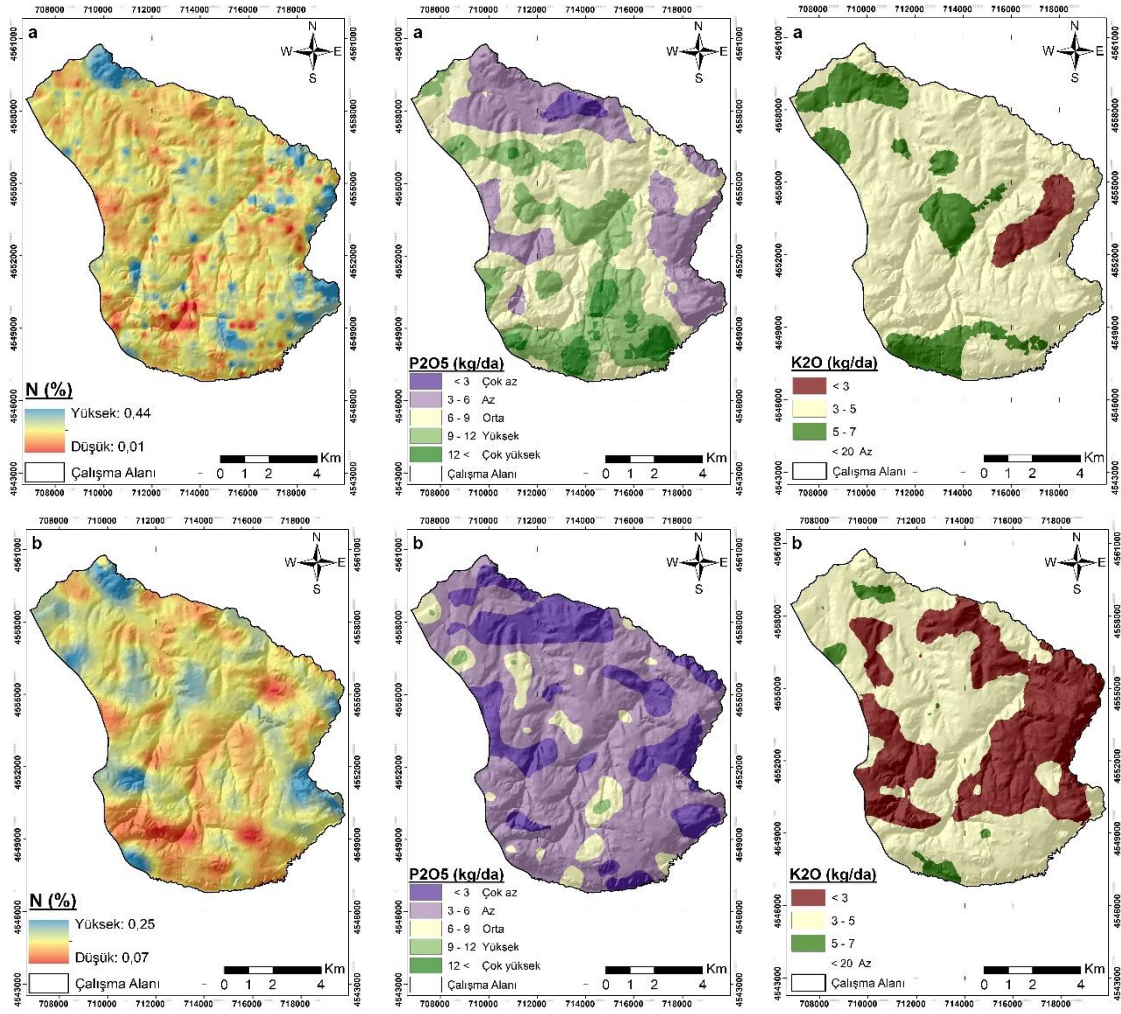
Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ilişkin dağılım oranları Tablo 3’ te verilmiştir. Toplam N içeriği bakımından çalışma alanının yüzey topraklarının % 6.25’ inde, yüzey altı topraklarının ise % 20.57’inde noksanlık görülmüş olup, büyük bir bölümünde toplam N yeterli düzeydedir. Alınabilir fosfor içeriği yüzey topraklarının % 57.92’inde yeterli ve yüksek düzeyde iken, yüzey altı topraklarının % 74.1’inde az ve çok az durumdadır. Yüzey ve yüzey altı topraklarının tamamına yakınında alınabilir potasyum içeriği az olup, noksanlık göstermektedir. Ekstrakte edilebilir K, Mg, Fe ve Cu içeriğinin yeterli olduğu Zn ve Mn içeriğinin ise büyük bir kısımda yetersiz olduğu görülmüştür. Düşük organik maddeye sahip kumlu topraklarda kolaylıkla yıkanabilen bor elementi [34], alanın tamamına yakınında yüzey ve yüzeyaltı toprak içeriğinde alınabilir formunun yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ait dağılım oranları

Parametre	Sınıf	Tanımlama	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Örnek Sayısı	%	Örnek Sayısı	%
Toplam N (%)	<0.045	Çok az	12	1,83	20	3,14
	0.045-0.090	Az	29	4,42	111	17,43
	0.090-0.170	Yeterli	416	63,41	441	69,23
	0.170-0.320	Fazla	185	28,20	63	9,89
	>0.320	Çok fazla	14	2,13	2	0,31
Alınabilir Fosfor (P ₂ O ₅ kgda ⁻¹)	0-3	Çok az	120	18,29	286	44,90
	3-6	Az	156	23,78	186	29,20
	6-9	Orta	133	20,27	70	10,99
	9-12	Yüksek	81	12,35	23	3,61
	>12	Çok yüksek	166	25,30	72	11,30
Alınabilir Potasyum (K ₂ O kgda ⁻¹)	0-20	Az	651	99,24	634	99,53
	20-30	Orta	4	0,61	3	0,47
	30-40	Yeterli	1	0,15	*	*
	40+	Yüksek	*	*	*	*
Ekstrakte edilebilir K (mgkg ⁻¹)	<100	Çok düşük	5	0,76	28	4,40
	100-150	Düşük	24	3,66	60	9,42
	150-200	Orta	46	7,01	78	12,24
	200-250	İyi	80	12,20	127	19,94
	250-320	Yüksek	127	19,36	138	21,66

	>320	Çok yüksek	374	57.01	206	32.34
Ekstrakte edilebilir Mg (mgkg ⁻¹)	<54	Fakir	2	0.30	1	0.16
	54-115	Orta	6	0.91	6	0.94
	>115	İyi	648	98.78	630	98.90
Ekstrakte edilebilir Fe (mgkg ⁻¹)	<2.5	Noksan (az)	70	10.67	93	14.60
	2.5-4.5	Noksanlık gösterebilir (orta)	272	41.46	232	36.42
	>4.5	İyi (yüksek)	314	47.87	312	48.98
Ekstrakte edilebilir Cu (mgkg ⁻¹)	<0.2	Yetersiz	1	0.15	2	0.31
	>0.2	Yeterli	655	99.85	635	99.69
Ekstrakte edilebilir Zn (mg kg ⁻¹)	<0.2	Çok az	36	5.49	171	26.84
	0.2-0.7	Az	541	82.47	428	67.19
	0.7-2.4	Yeterli	74	11.28	35	5.49
	2.4-8.0	Fazla	5	0.76	2	0.31
	>8.0	Çok fazla	*	*	1	0.16
Ekstrakte edilebilir Mn (mg kg ⁻¹)	<4	Çok az	14	2.13	27	4.24
	4-14	Az	408	62.20	447	70.17
	14-50	Yeterli	201	30.64	152	23.86
	50-170	Fazla	33	5.03	11	1.73
	>170	Çok fazla	*	*	*	*
Alınabilir Bor (ppm)	<0.50	Çok az	2	0.31	11	1.73
	0.50-0.99	Az	36	5.50	61	9.58
	1.00-2.49	Yeterli	434	66.36	432	67.82
	2.50-4.99	Fazla	170	25.99	123	19.31
	>5.00	Çok fazla	12	1.83	10	1.57

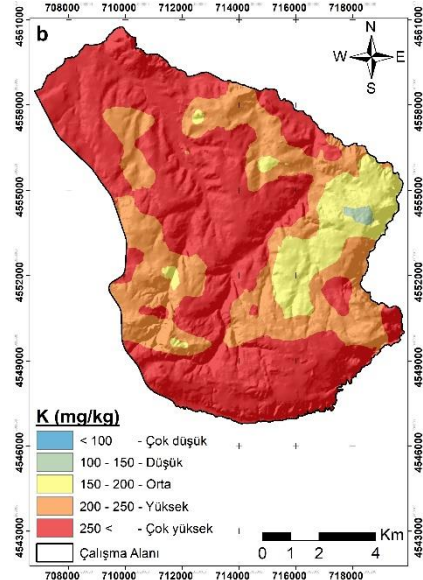
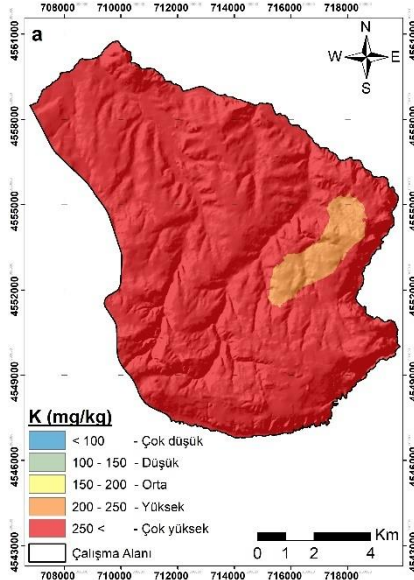
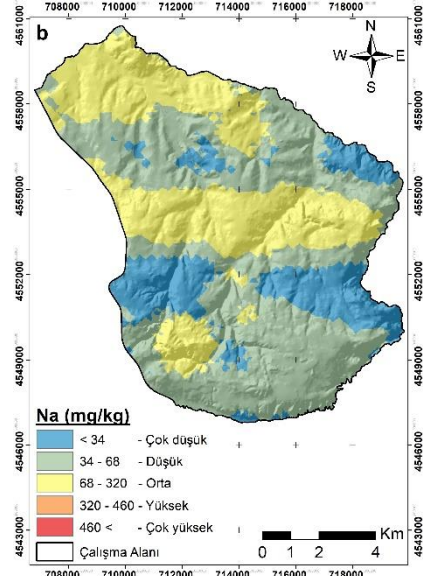
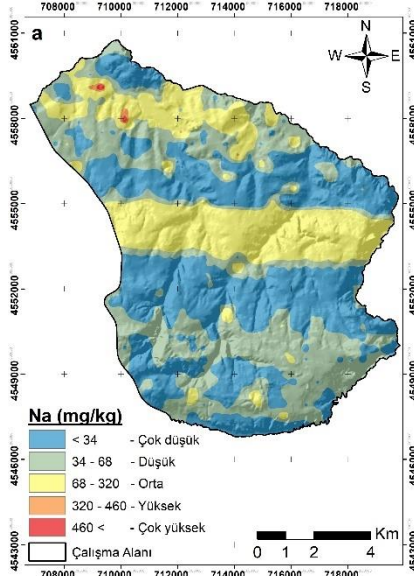
Toprakların fiziko kimyasal özelliklerine ilişkin mekansal dağılımlarının belirlenmesi, sürdürülebilir tarım planlamasının temel girdisi olarak kabul edilmektedir [32]. Yağış ile birlikte en fazla yıkanan element N olduğu bilinmektedir. Alanın yüzey ve yüzey altı topraklarının büyük bir bölümünde toplam N içeriğinin orta ve düşük seviyede olduğu görülmektedir. Alanın yüzey dağılım haritalarına bakıldığında P₂O₅ içeriğinin bölgelere göre değişkenlik gösterirken, yüzey altı topraklarının büyük çoğunluğu çok az düzeydedir. Toprakların K₂O içeriği ise yüzey ve yüzey altı topraklarında az düzeyde olduğu görülmüştür (Şekil 4). Nepal'in Sarlahi ilçesinde yapılan çalışmada 0-20 cm derinliğinden toplam 131 toprak örneği alarak verimlilik parametrelerine ilişkin dağılım haritası üretmişlerdir [35]. Çalışmada analiz etmiş oldukları toprakların % 75' inin kumlu tınlı bünyeye sahip olduğunu, bunun yanında topraklarının çoğunun asidik düzeyde, azot ve fosfor içeriğinin düşük, potasyum açısından ise orta düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Bangladeş'in Jessore bölgesinde 2.2 x 2.2 km²'lik bir alandan 92 yüzey (0-20 cm) toprak örneği alınan çalışmada [36] pH, elektriksel iletkenlik, TOK (Toprak organik karbon), toplam N, P, K ve S içeriklerine yönelik analizler gerçekleştirilerek CBS ortamında kriging enterpolasyon tekniklerini kullanılmak suretiyle dağılım haritaları üretilmiştir. Çalışmada toplam N ve pH'nın alan içerisinde değişkenlik gösterdiğini fakat alınabilir K ve P'un alanın merkezinde yüksek düzeyde olduğu belirtilmiştir.

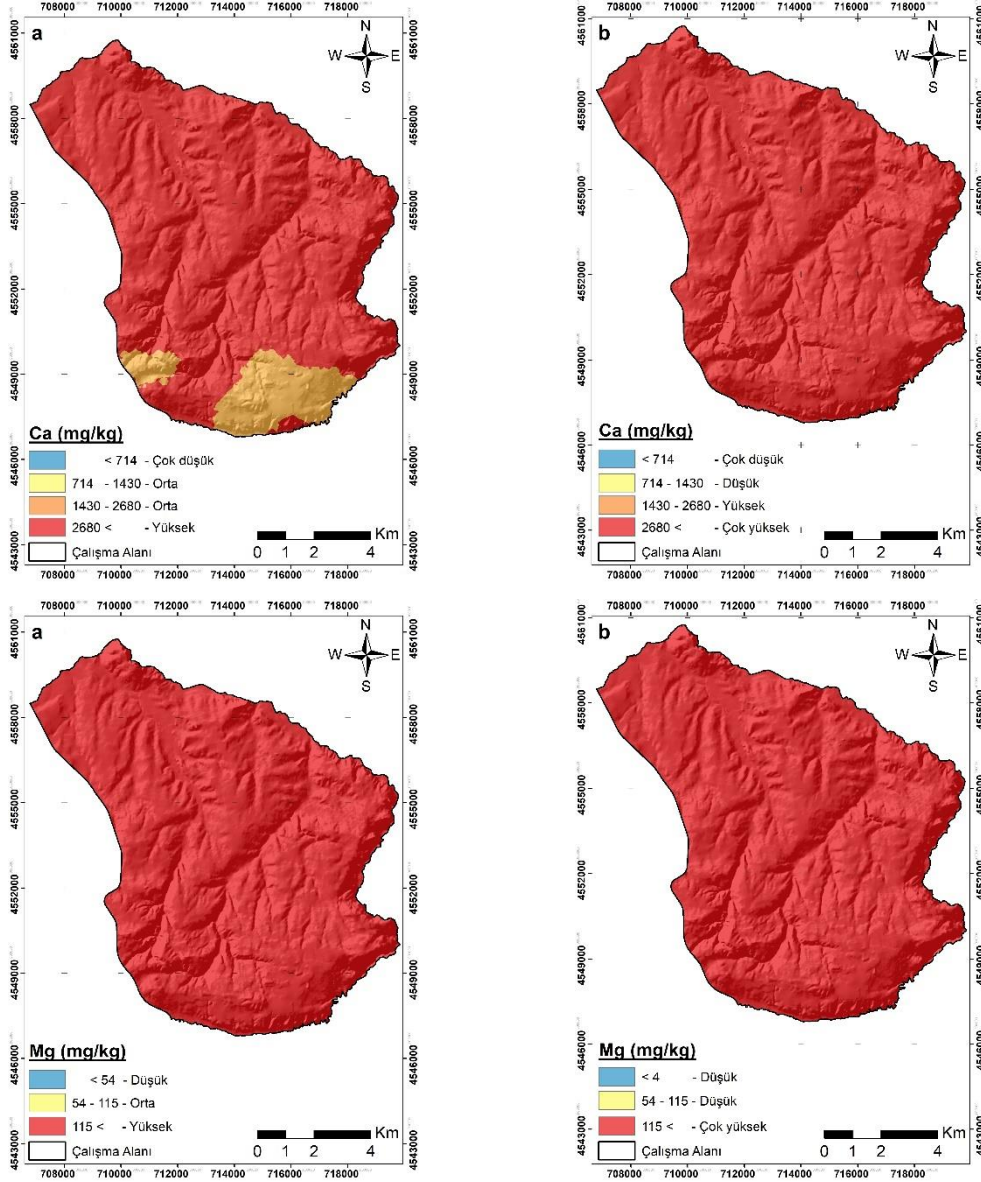


Şekil 4. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait %N, P₂O₅ (kg/da) ve K₂O (kg/da) dağılım haritaları

Çalışma alanının yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde yapılan değişebilir kation (DK) analizlerine göre (Şekil 5) alanın hemen hemen tamamı Ca, Mg ve K içeriği bakımından yüksek ve çok yüksek içeriğe sahip iken, Na içeriklerinin ise düşük ve orta seviyede olduğu görülmektedir. Bu nedenle alan içerisinde Na varlığına yönelik herhangi bir sorun görülmemiştir. Hindistan'ın Karnataka eyaletine bağlı Hassan mikro havzasının toprak verimlilik durumunu değerlendirmek amacıyla 420 hektarlık alandan 105 adet toprak örneği olarak fiziko kimyasal analizler belirlenmiştir [37]. Alanın %93'ünün asidik özellikte, % 55'inin düşük organik karbon içeriğine sahip, % 51'inin düşük kullanılabilir N, % 77'sinin P₂O₅ ve % 48'inin K₂O açısından orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca alanın % 95'inde % 72'sinde sırasıyla değişebilir Ca ve Mg'un yeterli düzeyde olduğu bildirilmiştir.

Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi

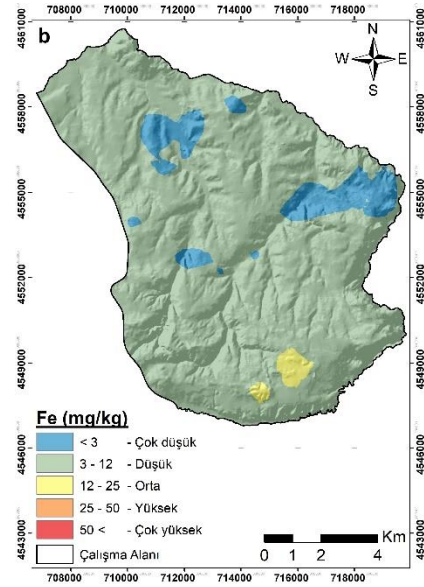
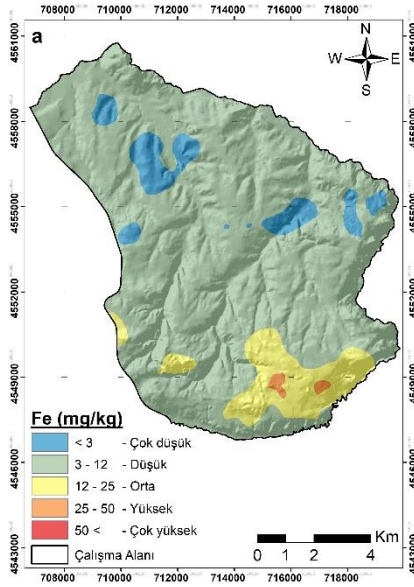


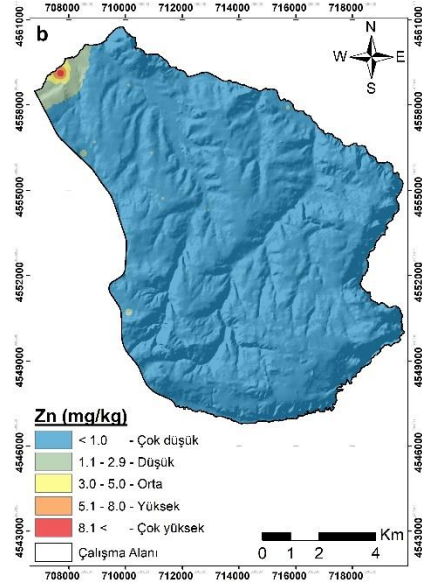
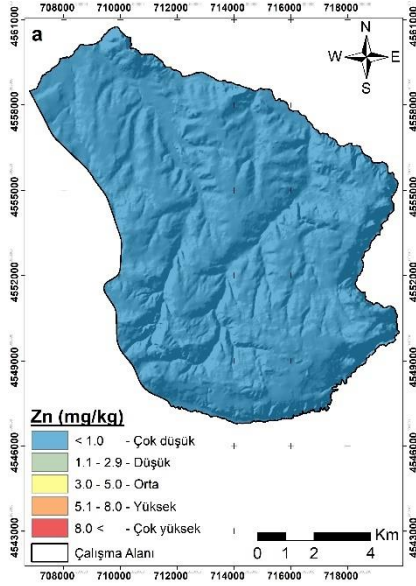
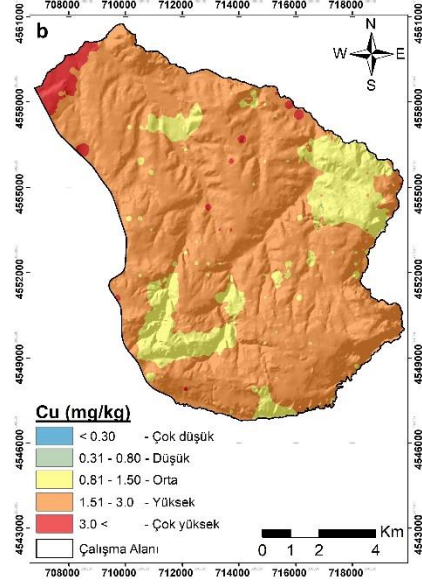
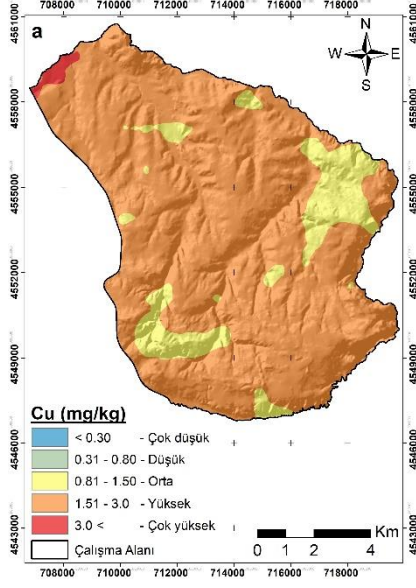


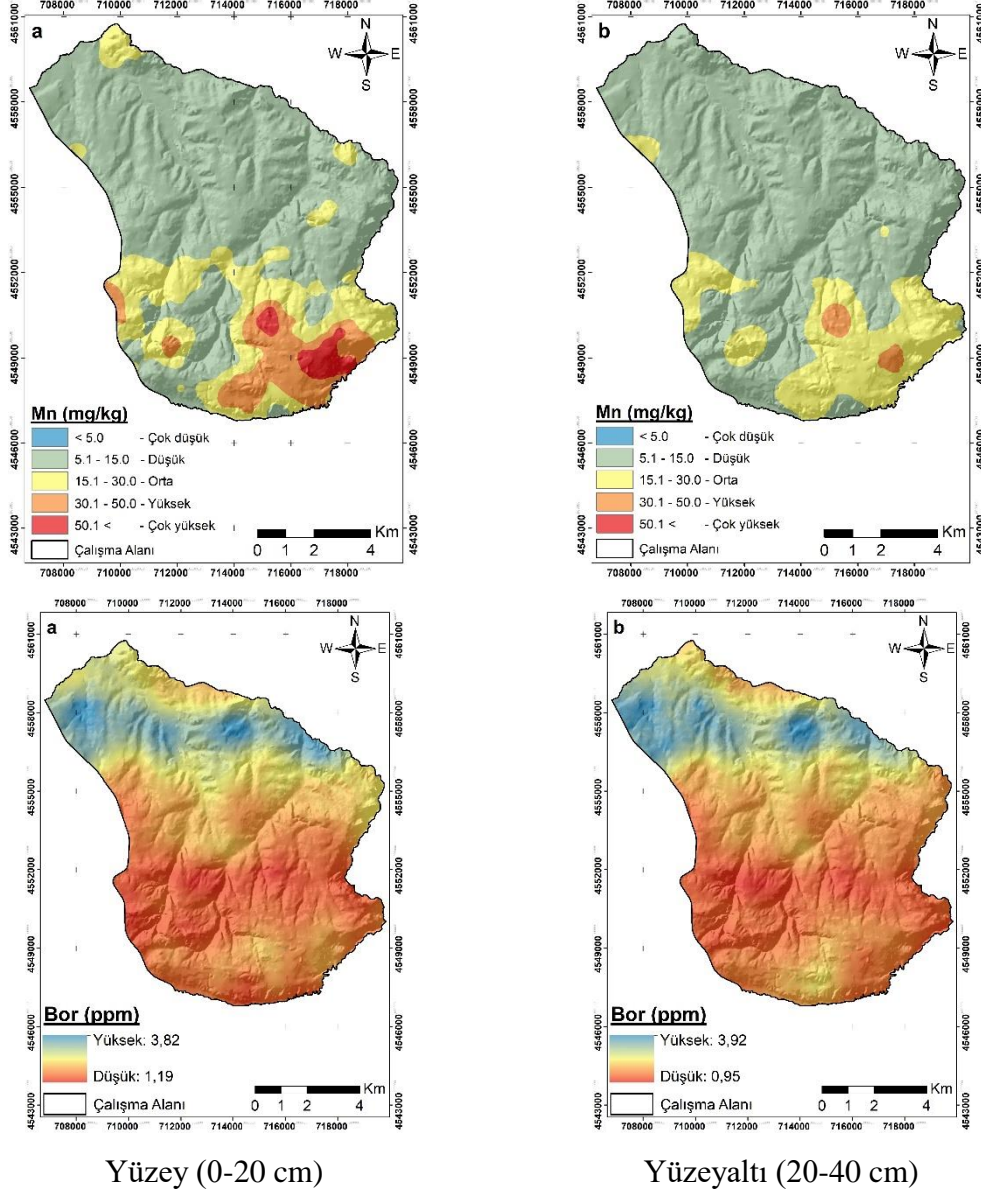
Şekil 5. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum dağılım haritaları

Mikro element analizlerine göre yüzey ve yüzey altı topraklarının demir (Fe) içeriği büyük çoğunlukla düşük iken bakır (Cu) içerikleri ise yüksek çıkmıştır. Çinko (Zn) elementine ait değerler yüzey topraklarının tamamında, yüzey altı topraklarının ise çok büyük bir bölümünde çok düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Öte yandan Mn içerikleri yüzey ve yüzey altı topraklarında çalışma alanının güney kısmında orta, yüksek ve çok yüksek özellik gösterirken kuzeye doğru değerlerin düşük düzeyde olduğu görülmektedir. (Şekil 6). Hindistan'ın asidik toprak özelliği gösteren bazı eyaletlerinden almış oldukları 400 yüzey (0-15 cm) toprağında toplam ve ekstrakte edilebilir Magnan ve Demir analizi gerçekleştirmiş ve bu analizlere ilişkin dağılım haritalarını üretmişlerdir [38]. Çalışmada

elde edilen değerlerin literatüre göre düşük düzeyde olduğu, Mn ve Fe açısından eksiklik gözlemlendiğini belirtilmiştir. Samsun İlinin Kavak ilçesinde 397,28 ha'lık alanda yapılan çalışmada yüzey ve yüzey altı (20-40 cm) toprak derinliğinden alınan 233 adet toprak örneğinde, makro ve mikro düzeyde analizler gerçekleştirilmiştir [13]. Koordinatlı bir şekilde alınan noktasal toprak örneklerinin, ArcGIS programı yardımıyla enterpolasyon yöntemlerini kullanarak alansal dağılımları gerçekleştirilmiş, toplam azot, fosfor, demir, çinko, magnezyum ve mangan içeriği bakımından alanın yeterli düzeyde olduğu belirtilmiştir. Bitki büyümesi ve verimi üzerinde önemli düzeyde etkiye sahip bor elementine [33] ilişkin, yüzey ve yüzey altı dağılım haritalarına bakıldığında özellik alanın güneyine doğru eğimin artmış olduğu alanlarda B (ppm)'un azalmakta, aksine eğimin düzleşerek azaldığı ve yoğun tarımsal faaliyetin yürütüldüğü alanlarda bor (ppm) düzeyinin artmakta olduğu görülmektedir.







Şekil 6. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait demir, bakır, çinko, mangan ve bor dağılım haritaları

4. Tartışma ve Sonuç

Geçmişten günümüze yüzyıllardır insanoğlu tarafından beslenmek üzere yoğun bir şekilde kullanımı sağlanan toprakların verimlilikleri ve üretkenliklerinin devamı açısından doğru ve etkin bir şekilde kullanımları esastır. Bu açıdan tarımsal üretime yönelik toprak parametrelerine ilişkin analizlerin yapılması ve CBS yardımıyla dağılım alanlarının belirlenmesi ve haritalandırılması, sürdürülebilir üretim açısından önem arz etmektedir. Topraklara yönelik mekânsal özelliklerin bilinmesi toprak yorgunluğu ve kirliliğe yol açacak şekilde toprağa ilave olan inorganik gübrelerin aşırı miktarlarda

kullanımının da önüne geçebilecektir. Çalışma alanının yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak derinliğinden 400 x 400 metre aralıklarla alınmış toprak örneklerinde yapılmış olan verimlilik analizleri, ArcMap 10.8.2 programı yardımıyla dağılım haritaları üretilmiştir. Oluşturulan dağılım haritaları bölgede yetiştirilen ürünlere yönelik planlı ve gerçekçi bir üretim modelini ortaya koyacak niteliktedir. Alanda değişebilir katyonlar açısından K, Ca ve Mg içeriğinin yüksek Na içeriğinin ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanının yüzey toprakları incelendiğinde Zn içeriğinin alanın tamamına yakınında çok düşük, Fe ve Mn içeriği ise düşük iken, Cu bakımından yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yüzey altı topraklarında da benzer yapıda olup, yalnızca Zn içeriğinin kısmen de olsa artış göstererek düşük düzeyde sınıflanmıştır. Arazi gözlemleri ve laboratuvar analizleri sonuçları dikkate alındığında gerek iklim gerekse toprak özellikleri bakımından çalışma alanında, üretilen ve üretilme potansiyeli ile polikültür tarım yapılabilir. Ayrıca Zn eksikliğinin giderilmesi açısından analiz sonuçları dikkate alınarak yetiştiriciliği yapılan ürünlere yönelik çinko takviyesi yapılmalıdır. Toprakların makro ve mikro besin element içeriğinin zenginliği ve arazilerin büyük çoğunluğunda oluşturulan basınçlı sulama sistemleri sayesinde bitkisel üretimde çeşitlilik sağlanmıştır. Yapılan bu çalışma, sonraki yıllarda bölgede yetiştiriciliği yapılması düşünülen birçok bitki türü için altlık olarak kullanılacak materyal niteliği taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen "Coğrafi Bilgi Sistem Modellemesi ile Tarımsal Arazi Kullanım Planının Yapılması- Vezirköprü Örneği" TAGEM/TSKAD/B/18/A9/P2/1017 kodlu proje kapsamında üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., Atikmen, N. Ç., Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2), 28-37, (2018).
- [2] Dengiz, O., Ozcan, H., Köksal, E.S., Baskan, O., Kosker, Y., Sustainable natural resource management and environmental assessment in The Salt Lake (Tuz Golu) Specially Protected Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 161: 327-342, (2010).

- [3] Güçdemir, İ. H., Türker, U., Karabulut, A., & Arcak, Ç., Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler (Hassas tarım uygulamaları) ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerine bir çalışma. 3. Ulusal Gübre Kongresi, 1, 1005-1014, (2004).
- [4] Yıldız, Y., Kazova Topraklarının Mikro Element İçeriklerinin Mesafeye Bağlı Değişiminin Analizi ve Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı Tokat. (2011).
- [5] Aşkın, T., Türkmen, F., Tarakçıoğlu, C., Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4(2): 69-75, (2016).
- [6] Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O., Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(3), 432-444, (2020).
- [7] Şenol, H., Alaboz, P., & Dengiz, O., Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içeriklerinin enterpolasyon yöntemle değerlendirilmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35(3), 505-516, (2020).
- [8] Wang, S., Huang, G.H., Lin, Q.G., Li, Z., Zhangand, H.,Fan Y. R., Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada, Int. J. Climatol., 34: 3745–3751, (2014).
- [9] Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., ... & Ünal, E., Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(2016): 136-148, (2016).
- [10] Taşan, M., & Demir, Y., Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1), 64-73, (2017).
- [11] Tunçay, T., Başkan, O., Bayramın, İ., Dengiz, O., Kılıç, Ş., Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. Archives of Agronomy and Soil Science, 64 (9): 1240-1253, (2018).
- [12] Dengiz, O., Saygın, F., İmamoğlu, A., Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. Eurasian Journal of Soil Science, 8(1): 35-43, (2019).
- [13] Aydın, A., & Dengiz, O., Yarı-Humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve sınıflandırması. Toprak Su Dergisi, 8(2), 68-80, (2019).
- [14] Celilov, C., Dengiz, O., Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(3): 242-256, (2019).

- [15] Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A., Gündoğan, R., & Genç, A., Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(2), 169-181, (2013).
- [16] Saygın, F., & Dengiz, O., Detailed soil mapping and classification study for sustainable agricultural land management; Samsun-Vezirköprü example. Soil Studies, 12(1), 40-53, (2023).
- [17] Anonim., Vezirköprü ilçesinin iklimi. <http://www.vezirkopru.gov.tr/iklimi---bitki-ortusu>. Erişim Tarihi: 30/08/2023, (2023).
- [18] Van Wambeke, A.R., The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC, (2000).
- [19] Turan, M., Dengiz, O., & Turan, İ. D., Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(2), 131-142, (2018).
- [20] Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular 939, 1-19, Government Printing Office Washington D.C, (1954).
- [21] Kacar, B., Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. toprak analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3. Ankara, (1994).
- [22] Lindsay, W.L., Norvell, W.A., Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of American Journal 42(3), 421-428, (1978).
- [23] Ülgen, N., Yurtsever, N., Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara, (1995).
- [24] John, M. K., H. H. Chuah., J. H. Neufeld., Application of Improved Azomethine-H Method to the Determination of Boron in Soil and Plants. Anal.Lett. 8:559-568, (1975).
- [25] Çelik, P., & Dengiz, O., Akselendi Ovası tarım topraklarının temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1), 9-18, (2018).
- [26] Emadi, M., Baghernejad, M., Comparison of spatial interpolation techniques for mapping soil pH and salinity in agricultural coastal areas, northern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science, 60(9): 1315–1327, (2014).
- [27] Ding, Y., Wang, Y., & Miao, Q., Research on the spatial interpolation methods of soil moisture based on GIS. In International Conference on Information science and technology (pp. 709-711). March, IEEE, (2011).

- [28] Yıldız, N., Akbulut, Ö., & Bircan, H., İstatistiğe Giriş, Aktif Yayınevi. İkinci Baskı, Erzurum, (1999).
- [29] Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., & Feyen, J., Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181, (1996).
- [30] Wilding, L. P., Spatial variability: its documentation, accomodation and implication to soil surveys. In *Soil spatial variability*, Las Vegas NV, 30 November-1 December 1984 (pp. 166-194), (1985).
- [31] Sağlam, M., Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14, (2013).
- [32] AbdelRahman, M. A. E., Zakarya, Y. M., Metwaly, M. M., & Koubouris, G., Deciphering Soil Spatial Variability through Geostatistics and Interpolation Techniques. *Sustainability* 2021, 13, 194, (2020).
- [33] Sürmen, B., Sürmen, M., Yavuz, T., & İmamoğlu, A. (2020). Gümüşhane ili meralarına ait vejetasyon ve bazı çevresel özelliklerin jeostatistiksel analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 339-354.
- [34] Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., & Çakmak, İ., Bor elementinin bitkiler için önemi. *Boron*, 2(3), 168-174, (2017).
- [35] Malla, R., Shrestha, S., Khadka, D., & Bam, C. R., Soil fertility mapping and assessment of the spatial distribution of Sarlahi District, Nepal. *Am. J. Agric. Sci*, 7(1), 8-16, (2020).
- [36] Khan, M. Z., Islam, M. R., Salam, A. B. A., & Ray, T., Spatial variability and geostatistical analysis of soil properties in the diversified cropping regions of Bangladesh using geographic information system techniques. *Applied and Environmental Soil Science*, 2021, 1-19, (2021).
- [37] Biradar, B., Jayadeva, H. M., Channakeshava, S., Geetha, K. N., Sannagoudar, M. S., Pavan, A. S., & Prakash, K. N., Assessment of soil fertility through GIS techniques and thematic mapping in micro-watershed of Hassan, Karnataka. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 3218-3228, (2020).
- [38] Behera, S. K., & Shukla, A. K., Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: Status, distribution and relationship with some soil properties. *Pedosphere*, 24(2), 196-208, (2014).