

Bafra Ovası Örnek Mera Alanlarının Bazı Fiziksel Kalite İndeksleri ve Konumsal Dağılımları

Ayşe ERTAŞ PEKER^{1*}, Orhan DENGİZ², Murat BİROL¹

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 29.11.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 21.03.2024

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0003-1385-2125 orcid.org/0000-0002-0458-6016 orcid.org/0000-0003-1947-3193

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ertasaysee@gmail.com

Öz: Bu çalışmada, Kızılırmak Nehri'nin farklı zamanlarda taşımış olduğu alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş Bafra Ovası delta ovasında, sol sahilinde yer alan bazı örnek mera alanları topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerinin ve fiziksel kalite indekslerinin belirlenmesi ile kalite indekslerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Seçilen üç örnek mera alanları, saha gözlemleri, denize olan uzaklıkları ve tane boyu fraksiyonel değişimleri gibi özellikler dikkate alınarak seçilmiştir. Araştırma kapsamında yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) olmak üzere mera alanlarından toplam 90 adet toprak örneği alınmış ve toprakların temel verimlilik parametreleri, bazı makro ve mikro bitki besin elementi analizleri ile fiziksel toprak kalite parametrelerinden olan toprak kabuk indeksi ve toprak sıkışabilirlik indeksi (CI, soil compactability index) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, bu kalite parametrelerinin mera alanlarında konumsal dağılım haritalarını üretmek amacıyla on beş farklı interpolasyon modeli uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, mera toprakları genellikle killi bünyeye sahip olup hafif alkali topraklardır. Toprakların organik madde ve kireç içerikleri oldukça değişken olup, besin elementleri yönünden özellikle mangan haricinde genellikle yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Mera alanlarında, Mera 1 ve Mera 2'de CI değerleri alanların güney kesimlerinde az bir alanda dağılım gösterirken, Mera 3'te toprak sıkışabilirlik riski daha fazla dağılım göstermiştir. Toprak kabuk indeksi de mera alanlarında gerek yüzey gerekse de yüzey altı topraklarında CI da olduğu gibi benzer bir dağılım deseni sergilemiştir. Mera topraklarında sıkışmanın önlenmesi veya daha az etkilenmesi için özellikle uygun zamanlarda otlatmanın yapılması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Mera, toprak kabuk indeksi, toprak sıkışabilirlik indeksi, Bafra Ovası

Some Physical Quality Indexes and Spatial Distributions of Sample Pasture Areas in Bafra Plain

Abstract: The aim of the present study was to determine the physico-chemical properties and physical quality indices of the soils of some pasture areas located on the left coast of the Bafra delta plain, which was formed on the alluvial deposits carried by the Kızılırmak River at different times, and to create spatial distribution maps of the quality indices using Geographic Information Systems. The three selected pasture sample areas were selected taking into account some characteristics such as, field observations, their distance to the sea and fractional changes in particle size. Within the scope of the research, soil samples were taken from 90 pastures, including surface (0-20 cm) and subsurface (20-40 cm), and the basic fertility parameters of the soils, some macro and micro nutrient analyses, and soil crust index (SCI) and soil compactability index (CI) values, which are physical soil quality parameters, were determined. In addition, fifteen different interpolation models were applied to produce spatial distribution maps of these quality parameters in pasture areas. According to the results obtained, pasture soils generally have clay texture and are slightly alkaline soils. The organic matter and lime contents of the soils are quite variable and the nutrient levels are generally adequate except for manganese. In the pasture areas, CI values in Pasture-1 and Pasture-2 are distributed in a small area in the southern parts of the areas, while the risk is more distributed in Pasture-3. The SCI exhibited a similar distribution pattern as CI in both surface and subsurface soils in pasture areas. In order to prevent or less affect compaction in pasture lands, grazing should be done especially at appropriate times.

Keywords: Pasture, soil crust index, soil compactability index, Bafra Plain

1. Giriş

Giderek artan dünya nüfusu, beraberinde doğal kaynaklara olan ihtiyacı da arttırmaktadır. İnsanoğlunun ihtiyaçlarını karşılarken bazen doğal kaynakları bilinçsiz, aşırı ve yanlış kullanması sonucunda toprak kalitesi azalmakta ve sürdürülebilir olmaktan çıkmaktadır. Özellikle hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan çayır ve meralar, bu doğal kaynaklar arasında yer almakta; hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılayan meralar, ekosistemdeki rolü bakımından da büyük önem taşımaktadırlar. Yanlış ve zamansız otlatma sonrası zarar gören meralardan etkin ve sürdürülebilir bir şekilde faydalanılabilmesi için toprak özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Nitekim mera alanlarında yapılan bazı çalışmalarda, örneğin; Samsun (Erel ve ark., 2010; Özyazıcı ve Dengiz, 2019), Van-Gürpınar (Özyazıcı ve Yıldız, 2017), Hatay (Yalçın ve ark., 2018), Siirt (Taşdelen ve Özyazıcı, 2022) ve Çorum (Palta ve ark., 2023) meralarında, topoğrafik özelliklere de bağlı olarak, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişkenlik gösterdiği, mera bitki örtüsünün gelişiminde rol oynayan bazı besin maddelerinin eksikliğinin söz konusu olduğu rapor edilmiştir. Mera alanlarından elde edilen kaba yemin yetersiz olduğu (Turan ve ark., 2015; Bıçakçı ve Açıkbaş, 2018; Yavuz ve ark., 2020) da dikkate alındığında, mera topraklarının kalitesinin ortaya konması mera ıslah işlemlerinin uygulanmasında önemli katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, gelişen teknolojiler sayesinde veri tabanı oluşturularak toprak haritalarının oluşturulması ve bu sayede toprakların üretkenliklerini kaybetmeden sürdürülebilirliklerinin sağlanması gerekmektedir. Bu teknolojilerin en önemlileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA) ve Küresel Konumlama Sistemleri (GPS, Global Positioning System) teknolojileridir (Duman, 2017).

Birçok araştırma Türkiye'nin topoğrafik, jeolojik, jeomorfolojik, iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle farklı bölgelerinde farklı karakterde ve yeteneklerde topraklar bulunduğunu göstermektedir (Tunçay ve ark., 2010; Dengiz ve Gülser, 2014; Özyazıcı ve ark., 2014; Dengiz ve ark., 2019a; Altunbaş ve ark., 2020). Alüvyal topraklar, akarsuların denize döküldüğü deltalarda, nehirlerin taşkın ve birikme yaptığı alanlarda, özellikle suların durulduğu taşkın alanlarda ve eski akarsu yataklarında yer alırlar. Bu topraklar fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri, üzerinde olduğu ana materyalin özelliği, taşınma ve birikme sırasında meydana gelen değişimler sonucu kompleks bir oluşum göstermektedirler. Dolayısıyla, akarsuların zamanla taşıdığı depozitler üzerinde oluşmuş alüvyal arazilerde yer alan

topraklar, kısa mesafeler içerisinde çok farklı özellikler göstermekte ve birbirinden farklı topraklar oluşabilmektedir. Kızılırmak Deltası, Türkiye'nin üçüncü büyük, Karadeniz kıyı kuşağının ise ikinci büyük deltasıdır. Deniz, ırmak, göl, sazlık, bataklık, çayır, mera, orman, kumul ve tarım alanları gibi farklı ekolojik karakterlerdeki habitatların bir arada bulunması, besin maddelerince zenginlik ve uygun iklim koşulları Kızılırmak Deltası'nın nadir ölçüde biyolojik çeşitliliğe sahip olmasını sağlamıştır. Ayrıca Kızılırmak Deltası'nın önemli bir kısmını oluşturan Bafra Ovası içerisinde dağılım gösteren tarım arazisinin % 7'sini çayır-mera arazileri oluşturmaktadır.

Bafra Ovası gibi delta ovalarındaki heterojen toprakların özelliklerinin belirlenmesinde daha fazla toprak örneklemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bir alanda oldukça fazla toprak örneklemesinin yapılması ne uygulanabilir ne de ekonomik bir yaklaşımdır. Bu nedenle belirli aralıklar ile alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprak örneği alınmayan alanların özelliklerinin yüksek doğrulukla tahmin edilmesi daha ekonomik ve akılcı bir yaklaşımdır. Nitekim toprak özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak yüksek doğruluk ile dağılım haritalarının oluşturulabileceği birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Tunçay ve ark., 2010; Arslan, 2012, 2014; Dengiz ve Gülser, 2014; Özyazıcı ve ark., 2016; Aydın ve Dengiz, 2019; Celilov ve Dengiz, 2019; Dengiz ve ark., 2019b; Alaboz ve ark., 2020). Söz konusu bu uygulamaların kullanımıyla bölgenin genel durumunun değerlendirilmesi, sürdürülebilir bir toprak yönetimi için oldukça önemli olarak düşünülmektedir.

Bu çalışma ile Kızılırmak nehrinin farklı zamanlarda taşımış olduğu alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş Bafra delta ovasında sol sahilinde yer alan bazı mera alanlarına yönelik toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin ve fiziksel kalite indekslerinin belirlenmesi ile kalite indekslerinin CBS yardımı ile dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma alanının genel özellikleri

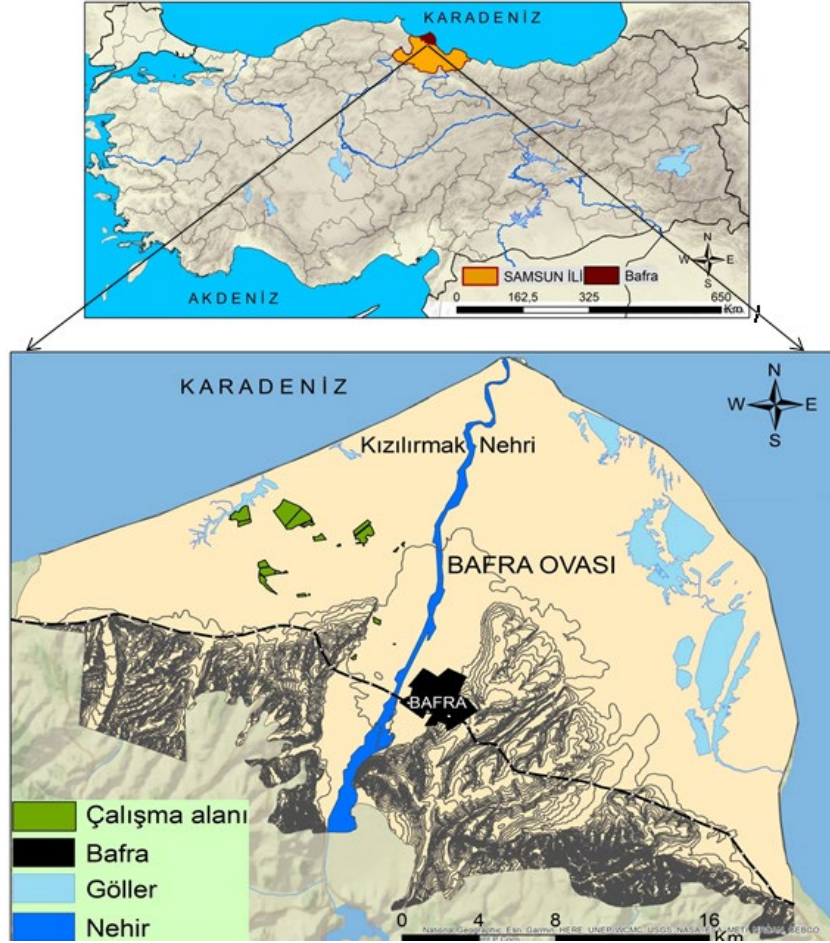
Araştırma alanının yer aldığı Samsun ili Bafra ilçesi; Türkiye'nin kuzeyinde, Karadeniz Bölgesi'nde 41° 28' - 41° 45' kuzey enlemleri ve 35° 43' - 35° 58' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bafra Ovası Samsun ilinin 20 km batısında Çakırlar Altı mevkisinden başlayıp batıda

Yakakent ilçesine kadar devam etmekte ve kuzeyinde Karadeniz, güneyinde ise Canik Dağları yer almaktadır. Ova doğu-batı yönünde 60 km, kuzey-güney yönünde 32 km uzunluktadır (Şekil 1).

Araştırma alanı Kızılırmak Nehri'nin farklı zamanlarda getirdiği alüvyal depozitler ile denizel etki sonucu meydana gelen sahil kumulları üzerinde yer alan arazilerden oluşmaktadır. Taban araziler genellikle, Kızılırmak Nehri'nin biriktirmiş olduğu eski ve yeni alüvyonlardan oluşmuş düz alanlar olup, eğimi % 0-2 arasında değişmektedir. Ayrıca Kızılırmak Nehri'nin taşkın zamanlarında taşıdıkları materyalleri uzunlamasına sıralamak suretiyle farklı yer şekilleri olan nehir bankları,

nehir terasları, yer yer çukur kil depozit alanlarda bulunmaktadır (Dengiz ve Özcan, 2006).

Bölgede Karadeniz iklimi hakim olup, yarı nemli iklim özelliği göstermektedir. Bölgenin uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık değeri Ağustos ayında 23 °C olup, ortalama en düşük sıcaklık değeri 5.7 °C ile Şubat ayında gerçekleşmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 794.2 mm'dir (Turan ve ark., 2018). Anonymous (1999)'a göre çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi mesic, nem rejimi ise ustic'tir (Saygın ve Dengiz, 2013). Bölgede yoğun olarak çeltik tarımı yapılmakla birlikte, çeşitli yazlık (domates, biber, karpuz) ve kışlık (pırasa, kırmızı ve beyaz baş lahanası) sebze ve buğday tarımı da yapılmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1. Location map of the study area

2.2. Toprak örneklerinin alınması ve toprak analizleri

Çalışmada toprak örnekleri Bafra sol sahilinde dağılım gösteren mera alanlarından alınmıştır. Seçilen üç örnek mera alanları (Mera-1, Mera-2 ve Mera-3); saha gözlemleri, denize olan yakınlık

ve/veya uzaklıkları ve alanların sediment depozitlerine ait tane boyu fraksiyonel değişimleri gibi özellikler dikkate alınarak seçilmiştir (Şekil 2). Toprak örnekleri, mera alanları içerisinde GPS yardımıyla rastgele olarak; yüzey ve yüzey altı (0-20 ve 20-40 cm) şeklinde iki farklı derinlikten

toplamda 90 adet olarak alınmış; daha sonra örnekler, laboratuvara getirilmiştir. Toprak örnekleri hava kuru hale getirildikten sonra, tahta

tokmak ile dövülerek parçalanmış ve 2 mm elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklemesine ait desen Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Mera alanları içerisinde dağılım gösteren toprak örnekleme deseni
Figure 2. Soil sampling pattern distributed within pasture areas

Alınan toprak örneklerinde bünye, Bouyoucos hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951); tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) Richards (1954)’a göre; pH ve elektriksel iletkenlik (EC, Electrical conductivity), 1:2.5’lik toprak-su karışımında (Anonymous, 1982); organik madde (OM), değiştirilmiş Walkley-Black metoduna göre (Nelson ve Sommers, 1983); kireç (CaCO₃) içeriği, Scheibler kalsimetresi yöntemine göre (Anonymous, 1993); toplam azot (N), Kjeldhal yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994); değişebilir katyonlar 1 N amonyum asetat (CH₃COONH₄) ile ekstrakte edilip elde edilen süzükte sodyum (Na) ve potasyum (K) atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA ile titre edilerek ve ekstrakte edilebilir bor (B), topraktan sıcak su ile ekstrakte edilen B miktarı azometin-H ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak (Anonymous, 1982); yarayışlı fosfor (P), mavi renk metoduna göre (Olsen ve ark., 1954); demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu) ise Lindsay ve Norvell (1978)’e göre belirlenmiştir.

Toprak sıkışma duyarlılığının hesaplanmasında Vignozzi ve ark. (2005)’nin indeksi kullanılmıştır. Bu indeks, Smith ve ark. (1997) algoritması ile ilişkilendirilmiş ve ρ_{100kPa} hesaplaması için Pellegrini ve ark. (2018) denklemini içermektedir.

Buna göre toprak sıkışma duyarlılığı indeksi (CI, soil compactability index), Eşitlik 1 temel alınarak Eşitlik 2 ile hesaplanmıştır.

$$\rho_{100kPa} = 1.04231 + \exp(-0.486474 - 0.464448186 \times TOK) \quad (1)$$

$$CI = -0.09266 + 0.01576 \times (Si + Cl) - 0.00012 \times (Si + Cl)^2 + \rho_{100kPa} \quad (2)$$

Eşitlikte TOK, toprak organik karbon (%); Si, silt (2-50 μ m) (%); Cl, kil (< 2 μ m) (%) değerlerini ifade etmektedir.

Kabuk tabakası farklı araştırmacılar tarafından kaymak tabakası oluşumu, kırıklı toprak tabakası gibi farklı biçimlerde adlandırılmıştır. Mera alanına ait toprak örneklerinde toprak kabuk oluşumu Pieri (1989)’e göre hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

$$TKI = OM (\%) \times 100 / C (\%) + Si (\%) \quad (3)$$

Eşitlikte TKI, toprak kabuk indeksini; OM, organik madde; C, kil; Si, silt değerini ifade etmektedir.

Yapılan çalışmada örnekleme yapılan alandaki toprak özelliklerinin ve indeks değerlerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık değerleri şeklindeki tanımlayıcı parametreler SPSS programı yardımı ile hesaplanmıştır. Ayrıca, haritalama

öncesi verilerin normal dağılım göstermeyen özelliklere uygun dönüşümler de yapılmış ve toprak özellikleri ile CI ve TKİ arasındaki ikili ilişkilerin değerlendirildiği Spearman korelasyon analiz gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, toprak kabuk ve sıkışabilirlik indekslerinin mekânsal dağılımını tahmin etmek için farklı interpolasyon yöntemleri [Ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW, Inverse Distance Weighted), radyal tabanlı fonksiyonlar (RBF, Radial Basis Functions), sıradan kriging ve basit kriging ile evrensel kriging] uygulanmıştır. Kriging yönteminde, iki nokta arasındaki konumsal ilişkiyi ölçen bir yarı değişken oluşturulur. Bu nedenle ağırlıklar örneklerin mekânsal düzenlemesine göre değişir. Diğer tahmin yöntemlerinin aksine, kriging yöntemi tahmin bölgesindeki hata veya belirsizliği değerlendirir. Radyal tabanlı fonksiyonlar yöntemlerinde ise, her bir örnekleme yüzeyi için ölçülen her bir örnek değerinden geçmesi gereken hassas interpolasyon teknikleri serisi kullanılır. Bu, çok boyutlu verilerin interpolasyonunda kullanılan bir yöntemdir. Toprak kabuk ve sıkışabilirlik indekslerinin dağılımını değerlendirmek için, en yaygın olarak kullanılan TPS (Thin Plate Spline), CRS (Completely Regularized Spline) ve ST (Spline with Tension radyal) fonksiyon interpolasyonları seçilmiştir. Bu indekslerin dağılım haritalarını oluşturmak için ArcGIS 10.7.1v CBS programı yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmada, en uygun interpolasyon modelini belirlemek için hata kareler ortalaması karekökü (RMSE, Root Means Square Error) kullanılmıştır (Eşitlik 4). En düşük RMSE değerini veren model, en uygun model olarak değerlendirilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i - z_i^*)^2}{n}} \quad (4)$$

Burada Z_i , tahmin edilen değeri; Z_i^* , ölçülen değeri; n , örnek sayısını ifade etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların fiziko-kimyasal ve verimlilik özellikleri

Çalışma alanından yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40) derinliklerinden alınan 90 adet toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal analizlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısı, aldığı değerlere göre düşük (% <15), orta (% 15-35) ve yüksek (% >35) olarak sınıflandırılmaktadır (Wilding, 1985; Mulla ve McBratney, 2000). Bu çalışmada meralardan alınan yüzey toprakları için TK, pH ve CI düşük, kil, silt ve SN orta, diğer toprak parametreleri ise

yüksek değişkenlik özellikleri göstermektedir (Tablo 1). Sağlam (2013) yapmış olduğu çalışmada, toprak fiziko-kimyasal özellikleri değişkenlik katsayılarına göre değerlendirdiği çalışmada, pH'nın en düşük değişkenliğe (% 1.64) sahip özellik olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde, Pacci ve Dengiz (2023) Tokat Zile topraklarının kalitesini araştırdıkları çalışmalarında, pH'nın düşük değişkenlik gösterdiğini, EC, kum, kil, silt, P, K ve OM değerlerinin ortalamaya göre yüksek değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda toprak özelliklerinin değişkenlik katsayısına göre düşük, orta ve yüksek değişkenlikler gösterdiği (Erşahin, 1999; Sağlam, 2008, 2013; Dengiz ve ark., 2015; Özyazıcı ve ark., 2015, 2016; Çelenk, 2016; Taşdelen, 2020) bildirilmiştir.

Yapılan çalışmada ayrıca, yüzey toprağında pH ve kil sola çarpık dağılım gösterirken, diğer parametreler sağa çarpık dağılım göstermiştir. Kil, EC, N, Cu, Mn, B ve CI yayvan dağılım, diğer toprak özelliklerinde ise sivri dağılım görülmektedir. Ortalamadan uzak değerlerin elde edildiği toprak özelliklerinin ise EC ve Cu olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Araştırma topraklarının yüzeyde pH içeriği ortalama 7.59 olup, toprak örneklerinin pH'ları hafif alkali sınıfına girmektedir. Mera topraklarında pH düşük değişkenliğe sahip olup, sola çarpık özellik göstermektedir. Toprakların EC değerleri 0.24-6.25 dS m⁻¹ arasında değişkenlik gösterirken, ortalama olarak 0.68 dS m⁻¹ olup, iki toprak örneği haricinde toprakların hemen hemen hepsinin tuzsuz sınıfa ait oldukları belirlenmiştir. Kireç içerikleri ise % 0.11-13.79 arasında değişirken, ortalama % 2.33 olarak genellikle orta kireçli topraklar olarak belirlenmiştir. Toprakların OM içeriği % 1.42-15.12 olarak belirlenirken, ortalama % 6.44 olarak bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarının kum içerikleri % 4.07 ile % 51.05 arasında değişirken, ortalama % 18.42; silt içerikleri % 7.53 ile % 43.65 arasında değişirken, ortalama % 28.14; kil içerikleri ise % 8.78 ile % 70.32 arasında değişim göstermekte ve ortalama % 53.44'tür. Toprakların genellikle tekstür sınıfı kildir. Tarla kapasitesi değerleri ortalama % 49.51 iken, SN değerleri % 32.92 olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Örnek mera alanlarına ait yüzey topraklarında, toprak fiziksel bozulunun önemli bir parametresi olan TKİ değerleri yüksek değişim göstermiş ve ortalama 8.29 olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Pieri (1989)'e göre TKİ değerinin yüksek olduğu sahada kabuk oluşumunun problem teşkil ettiği görülmektedir. Toprak sıkıştırma, porozitenin azaltıldığı bir yoğunlaştırma süreci olarak tanımlanabilir ve yapısal özelliklerin, toprak davranışının, sıcaklık ve

Tablo 1. Yüzey (0-20 cm) topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (N:45)

| Parametreler | Ortalama | SS | DK | Varyans | EDD | EYD | Çarpıklık | Basıklık |
|-----------------------------|----------|-------|--------|---------|-------|--------|-----------|----------|
| Kum (%) | 18.42 | 10.71 | 58.12 | 114.61 | 4.07 | 51.05 | 1.42 | 1.82 |
| Kil (%) | 53.44 | 10.50 | 19.66 | 110.34 | 8.78 | 70.32 | -1.64 | 6.36 |
| Silt (%) | 28.14 | 6.98 | 24.80 | 48.73 | 7.53 | 43.65 | 0.01 | 0.85 |
| TK (%) | 49.51 | 7.01 | 14.16 | 49.13 | 40.53 | 69.90 | 0.71 | 0.01 |
| SN (%) | 32.92 | 7.27 | 22.08 | 52.86 | 23.65 | 55.77 | 1.00 | 0.68 |
| pH (1:2.5) | 7.59 | 0.54 | 7.10 | 0.29 | 6.28 | 8.30 | -0.96 | -0.14 |
| EC (dS m ⁻¹) | 0.68 | 0.96 | 142.12 | 0.93 | 0.24 | 6.25 | 4.89 | 26.66 |
| Kireç (%) | 2.23 | 3.25 | 145.73 | 10.54 | 0.11 | 13.79 | 1.90 | 3.14 |
| OM (%) | 6.44 | 3.42 | 53.03 | 11.67 | 1.42 | 15.12 | 1.30 | 1.04 |
| N (%) | 0.45 | 0.33 | 72.71 | 0.11 | 0.10 | 2.11 | 3.21 | 14.64 |
| P (mg kg ⁻¹) | 8.88 | 6.97 | 78.49 | 48.62 | 1.33 | 27.74 | 1.08 | 0.15 |
| Na (meq 100 ⁻¹) | 3.40 | 2.62 | 76.91 | 6.84 | 0.36 | 12.72 | 1.70 | 3.18 |
| K (meq 100 ⁻¹) | 0.87 | 0.56 | 64.88 | 0.32 | 0.39 | 3.26 | 2.68 | 7.97 |
| Ca (meq 100 ⁻¹) | 36.98 | 28.49 | 77.02 | 811.45 | 3.10 | 85.88 | 0.04 | -1.75 |
| Mg (meq 100 ⁻¹) | 23.40 | 9.94 | 42.46 | 98.73 | 8.25 | 65.00 | 1.67 | 5.73 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | 43.66 | 41.16 | 94.27 | 1694.11 | 10.23 | 194.69 | 2.40 | 5.46 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | 8.15 | 9.13 | 112.04 | 83.40 | 3.57 | 67.36 | 6.47 | 42.81 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 16.34 | 10.26 | 62.82 | 105.36 | 3.36 | 49.48 | 1.69 | 3.01 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 1.04 | 1.25 | 120.35 | 1.56 | 0.23 | 7.64 | 3.80 | 17.75 |
| B (mg kg ⁻¹) | 4.42 | 3.00 | 68.03 | 9.03 | 1.27 | 14.99 | 2.11 | 5.15 |
| CI | 1.76 | 0.12 | 6.76 | 0.01 | 1.48 | 2.27 | 1.59 | 7.18 |
| TKİ | 8.29 | 5.09 | 61.41 | 25.89 | 1.48 | 27.46 | 1.64 | 3.46 |

DK: Değişkenlik katsayısı (<15= Düşük değişkenlik, 15-35= Orta değişkenlik, >35= Yüksek değişkenlik), SS: Standart sapma, EDD: En düşük değer, EYD: En yüksek değer, OM: Organik madde, CI: Sıkışma duyarlılık indeksi, TKİ: Toprak kabuk indeksi

Tablo 2. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (N:45)

| Parametreler | Ortalama | SS | DK | Varyans | EDD | EYD | Çarpıklık | Basıklık |
|-----------------------------|----------|-------|--------|---------|-------|-------|-----------|----------|
| Kum (%) | 14.05 | 7.82 | 55.67 | 61.16 | 6.14 | 40.62 | 1.94 | 3.78 |
| Kil (%) | 57.61 | 11.10 | 19.26 | 123.14 | 8.66 | 71.89 | -2.18 | 7.97 |
| Silt (%) | 28.34 | 6.78 | 23.93 | 46.00 | 17.33 | 50.72 | 1.14 | 1.69 |
| TK (%) | 47.17 | 6.70 | 14.21 | 44.94 | 36.00 | 64.02 | 0.34 | -0.02 |
| SN (%) | 30.48 | 5.18 | 17.01 | 26.87 | 22.88 | 45.54 | 0.85 | 0.35 |
| pH (1:2.5) | 7.93 | 0.41 | 5.21 | 0.17 | 6.87 | 9.06 | -0.03 | 1.14 |
| EC (dS m ⁻¹) | 0.77 | 1.05 | 136.77 | 1.10 | 0.23 | 6.41 | 4.20 | 19.98 |
| Kireç (%) | 2.65 | 3.10 | 117.14 | 9.63 | 0.10 | 10.14 | 1.10 | -0.23 |
| OM (%) | 3.71 | 1.34 | 36.06 | 1.79 | 1.22 | 6.27 | 0.20 | -0.64 |
| N (%) | 0.25 | 0.13 | 53.56 | 0.02 | 0.10 | 0.94 | 3.54 | 17.59 |
| P (mg kg ⁻¹) | 5.49 | 5.41 | 98.53 | 29.30 | 0.85 | 19.03 | 1.40 | 0.55 |
| Na (meq 100 ⁻¹) | 3.90 | 2.76 | 70.80 | 7.63 | 0.34 | 12.33 | 1.15 | 0.80 |
| K (meq 100 ⁻¹) | 0.84 | 1.11 | 131.86 | 1.23 | 0.33 | 7.31 | 5.00 | 27.72 |
| Ca (meq 100 ⁻¹) | 38.65 | 28.42 | 73.54 | 807.89 | 3.64 | 87.40 | 0.16 | -1.60 |
| Mg (meq 100 ⁻¹) | 23.05 | 8.66 | 37.58 | 75.05 | 3.85 | 43.40 | -0.16 | 0.31 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | 30.45 | 15.27 | 50.15 | 233.17 | 10.66 | 82.39 | 1.79 | 4.04 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | 10.93 | 15.49 | 141.71 | 239.91 | 4.46 | 77.11 | 3.85 | 14.44 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 12.42 | 9.16 | 73.75 | 83.88 | 2.49 | 59.07 | 3.32 | 15.21 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 0.50 | 0.42 | 84.36 | 0.18 | 0.18 | 2.32 | 3.02 | 9.85 |
| B (mg kg ⁻¹) | 4.23 | 3.02 | 71.45 | 9.12 | 1.21 | 14.79 | 2.43 | 6.20 |
| CI | 1.84 | 0.08 | 4.11 | 0.01 | 1.70 | 2.00 | 0.34 | -0.13 |
| TKİ | 4.43 | 1.87 | 42.27 | 3.50 | 1.30 | 9.02 | 0.56 | -0.38 |

DK: Değişkenlik katsayısı (<15= Düşük değişkenlik, 15-35= Orta değişkenlik, >35= Yüksek değişkenlik), SS: Standart sapma, EDD: En düşük değer, EYD: En yüksek değer, OM: Organik madde, CI: Sıkışma duyarlılık indeksi, TKİ: Toprak kabuk indeksi

nem düzenlemelerinin önemli ölçüde değişmesine neden olur (Soane ve van Ouwerkerk, 1994). Toprağın sıkışmaya duyarlılığı, sıkıştırılmaya karşı

hassasiyeti ile belirlenir; bu durum, toprak mekanik bir yüke (basınca) maruz kaldığında hacminin nasıl azaldığının kolaylıkla tanımlandığı sıkışabilirlik

özelliği ile bağlantılıdır (Stone ve Larson, 1980). Mera alanı yüzey topraklarının CI değerleri ise ortalama 1.76 olarak tespit edilmiştir (Tablo 1).

Toprakların makro besin elementlerinden toplam N değerleri ortalama % 0.45 olarak belirlenmiş (Tablo 1) ve bu sonuç Bruce ve Rayment (1982)'e göre yüksek sınıfına girmektedir. Alınabilir P içerikleri 1.33-27.74 mg kg⁻¹ arasında değişmiş ve ortalama 8.88 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Değişebilir katyonlardan Na 0.36-12.72 meq 100⁻¹, K 0.39-3.26 meq 100⁻¹, Ca 3.10-85.88 meq 100⁻¹ ve Mg 8.25-65.00 meq 100⁻¹ arasında belirlenmiştir (Tablo 1). Metson (1961)'e göre değişebilir katyonların ortalama değerleri yüksek sınıfa girmektedir. Ayrıca mikro elementlerin durumuna bakıldığında, tüm mikro besin elementlerinin yüksek değişkenlik gösterdiği ve normal dağılımdan en uzak değerleri gösteren özelliğin Cu olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre Fe 10.23-194.69 mg kg⁻¹, Cu 3.57-67.36 mg kg⁻¹, Zn 3.36-49.48 mg kg⁻¹, Mn 0.23-7.64 mg kg⁻¹ ve B 1.27-14.99 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Lindsay ve Norvell (1978)'e göre ortalama Fe, Cu, Zn yüksek, Mn düşük; Wolf (1971)'a göre ortalama B fazla sınıfa girmektedir. Benzer bir çalışmada Çelik ve Dengiz (2018) Akselendi Ovası'nda dağılım gösteren toprakların mikro besin elementleri olan Fe, Cu, Zn ve manganın sağa çarpık dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir.

Mera topraklarının yüzey altı toprak analiz sonuçları incelendiğinde; yüzey altı derinliğinde pH içeriği ortalama 7.93 olup, toprak örneklerinin pH'ları 0-20 cm derinliğinde olduğu gibi orta alkali sınıfına girmektedir. Ayrıca toprakların pH değerleri sola çarpık özellik göstermiştir (Tablo 2). Turan (2022) yarı kurak ekolojik şartlarda toprak kabuk oluşmasını araştırdıkları çalışmada pH özelliğinin negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer toprak özelliklerinin ise pozitif (sağa) çarpık olduğunu belirtmiştir. Toprakların tuz içeriği 0.23-6.41 dS m⁻¹ arasında farklılık gösterirken, ortalama olarak EC değeri 0.77 dS m⁻¹ olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Toprak örneklerinden ikisi haricinde toprakların Richards (1954)'e göre tuzsuz sınıfa ait oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, yüzey altı topraklarının kireç içerikleri % 0.10-10.14 arasında değişirken, ortalama % 2.65 olarak genellikle orta kireçli topraklar sınıfına girmektedir. Toprakların OM içeriği % 1.22-6.27 arasında belirlenirken, bu değerler yüzey topraklarına göre ortalama % 3.71 ile daha düşük olarak bulunmuştur. Çalışma alanı yüzey altı topraklarının kum içerikleri % 6.14 ile % 40.62 arasında değişmekte olup, ortalama % 14.05, silt içerikleri % 17.33 ile % 50.72 arasında değişmekte ve ortalama % 28.34, kil içeriği ise % 8.66 ile % 71.89 arasında değişim göstermekte

ve ortalama % 57.61 olup, yüzey altı topraklarının da tekstür sınıfı kildir. Tekstür özelliklerine bakıldığında, kil sola çarpık iken, silt sağa çarpık özellik göstermektedir. TK değerleri ortalama % 47.17 iken, SN değerleri % 30.48 olarak belirlenmiştir. Çalışmada, TK ve SN değerleri normal dağılım sergilemiştir. Toprakların TKİ değerleri yüksek değişim göstermiş ve ortalama 4.43 olarak belirlenmiş; CI değerleri ise ortalama 1.84 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Alt toprak verimlilik içeriklerine bakıldığında, toprakların toplam N değerleri ortalama % 0.25 olarak belirlenmiş ve Bruce ve Rayment (1982)'e göre yüksek sınıfına girmektedir. Toprakların P içerikleri 0.85-19.03 mg kg⁻¹ arasında değişmiş ve ortalama 5.49 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Değişebilir katyonlardan Na 0.34-12.33 meq 100⁻¹, K 0.33-7.31 meq 100⁻¹, Ca 3.64-87.40 meq 100⁻¹ ve Mg 3.85-43.10 meq 100⁻¹ arasında belirlenmiştir (Tablo 2). Metson (1961)'e göre değişebilir katyonlar Na, K, Ca ve Mg ortalama değerleri yüksek sınıfa girmektedir. Mikro elementlerin durumuna bakıldığında; Fe 10.66-82.39 mg kg⁻¹, Cu 4.46-747.11 mg kg⁻¹, Zn 2.49-59.07 mg kg⁻¹, Mn 0.18-2.32 mg kg⁻¹ ve B 1.21-14.79 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Tablo 2). Lindsay ve Norvell (1978)'e göre ortalama Fe, Cu, Zn yüksek, Mn düşük; Wolf (1971)'a göre ortalama B yüzey toprağında olduğu gibi fazla sınıfa girmiştir. Çalışma sonuçlarına göre SN ve TKİ normal dağılım gösterirken, kil, pH, Mg sola çarpık, diğer toprak özellikleri sağa çarpık dağılım göstermiştir (Tablo 2).

3.2. Toprak özellikleri ile CI ve TKİ arasındaki korelasyon analizleri

Toprak özellikleri ile CI ve TKİ arasındaki ikili ilişkilerin değerlendirildiği Spearman korelasyon analizi sonuçları Tablo 3 ve 4'te verilmiştir. Yüzey toprağı için yapılan korelasyon analizine göre CI ile TK (-0.319*), SN (-0.365*), K (-0.310*), Mn (-0.297*) değerleri arasında % 5 önemlilik düzeyinde negatif yönlü, Ca (0.301*) değeri arasında ise pozitif yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, CI ile kireç (0.478**) arasında % 1 önemlilik düzeyinde pozitif yönlü ilişki görülürken; OM (-0.621**) ve N (-0.430**) için % 1 düzeyinde negatif yönde anlamlılıklar belirlenmiştir. Çalışmada, TKİ ile kireç (-0.315*) ve Ca (-0.296*) arasında % 5 düzeyinde negatif anlamlılık olduğu, kum (0.596**), TK (0.477**), SN (0.486**), EC (0.608**), OM (0.927**), N (0.499**) ve Mg (0.468**) arasında % 1 düzeyinde, Na (0.342*), Fe (0.362*) ve Mn (0.360*) arasında % 5 düzeyinde pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca, TKİ ile kil (-0.495**) ve pH (-0.438**) arasında da % 1 düzeyinde negatif yönlü anlamlılık olduğu tespit

Tablo 3. Yüze (0-20 cm) topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait korelasyon verileri (N:45)

Table 3. Correlation data of physico-chemical properties of surface (0-20 cm) soils (N:45)

| Özellikler | Kum | Kil | Silt | TK | SN | pH | EC | Kireç | OM | N |
|------------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|
| CI | -0.170 | 0.061 | 0.170 | -0.319* | -0.365* | 0.278 | -0.185 | 0.478** | -0.621** | -0.430** |
| TKİ | 0.596** | -0.495** | -0.169 | 0.477** | 0.486** | -0.438** | 0.608** | -0.315* | 0.927** | 0.499** |
| | P | Na | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Mn | B |
| CI | -0.145 | -0.027 | -0.310* | 0.301* | -0.212 | -0.199 | -0.250 | -0.020 | -0.297* | -0.052 |
| TKİ | -0.045 | 0.342* | 0.179 | -0.296* | 0.468** | 0.362* | 0.264 | 0.062 | 0.360* | 0.086 |

** : Korelasyon 0.01 düzeyinde, * : Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 4. Yüze altı (20-40 cm) topraklarının fiziko-kimyasal özelliklerine ait korelasyon verileri (N:45)

Table 4. Correlation data of physico-chemical properties of subsurface (20-40 cm) soils (N:45)

| Özellikler | Kum | Kil | Silt | TK | SN | pH | EC | Kireç | OM | N |
|------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|----------|----------|
| CI | -0.139 | 0.032 | 0.108 | -0.331* | -0.308* | 0.249 | -0.062 | 0.171 | -0.928** | -0.430** |
| TKİ | 0.681** | -0.459** | -0.033 | 0.449** | 0.514** | -0.337* | 0.429** | -0.099 | 0.946** | 0.499** |
| | P | Na | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Zn | Mn | B |
| CI | -0.145 | -0.027 | -0.310* | 0.301* | -0.212 | -0.199 | -0.250 | -0.020 | -0.297* | -0.052 |
| TKİ | -0.045 | 0.342* | 0.179 | -0.296* | 0.468** | 0.362* | 0.264 | 0.062 | 0.360* | 0.086 |

** : Korelasyon 0.01 düzeyinde, * : Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır.

edilmiştir (Tablo 3). Chong-Feng ve ark. (2013) ise kabuk oluşumu ve organik madde arasında negatif bir ilişki belirlerken, Dede ve ark. (2020) ise kabuk oluşumu ve toprağın hacim ağırlığı arasındaki ilişkinin negatif olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Turan ve Dengiz (2021) Çorum Çayı havzasında toprak kabuk oluşumu ile toprakların bazı özellikleri arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında kabuk oluşumu ile; kil (0.294**), silt (0.195**), kireç (0.950**), pH (0.313**) ve EC (0.360**) arasında % 1 pozitif yönde bir ilişki, OM (-0.163**), kum (-0.367**) arasında % 1 negatif yönde bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüze altı topraklar için yapılan korelasyon analizine göre CI ile TK (-0.331*), SN (-0.308*), K (-0.310*) ve Mn (-0.297*) arasında % 5 düzeyinde negatif yönlü, Ca (0.301*) arasında ise % 5 düzeyinde pozitif yönlü, OM (-0.928**) ve N (-0.430**) arasında ise % 1 düzeyinde negatif yönlü ilişki olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, TKİ ile kil (-0.459**) arasında % 1 düzeyinde, pH (-0.337*) ve Ca (-0.296*) arasında % 5 düzeyinde negatif yönlü, kum (0.681**), TK (0.449**), SN (0.514**), EC (0.429**), OM (0.946**), N (0.499**) ve Mg (0.468**) arasında % 1 düzeyinde, Na (0.342*), Fe (0.362*) ve Mn (0.360*) arasında ise % 5 düzeyinde pozitif yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 4). Toprakların kabuk oluşumunda özellikle kil miktarı ile negatif fakat silt artışı ile doğrusal bir ilişki vardır. İmamoğlu ve ark. (2018) farklı topraklarda toprakta kabuk oluşumunu araştırdıkları çalışmalarında, kil ve silt ile TKİ arasında pozitif yönlü, kum ile TKİ arasında negatif yönlü bir anlamlılık olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aynı çalışmada, TKİ ile pH, kireç, EC gibi diğer analiz sonuçları ile arasında istatistiksel bir anlamlılık bulunmamıştır.

3.3. Meralardaki CI ve TKİ konumsal dağılımları

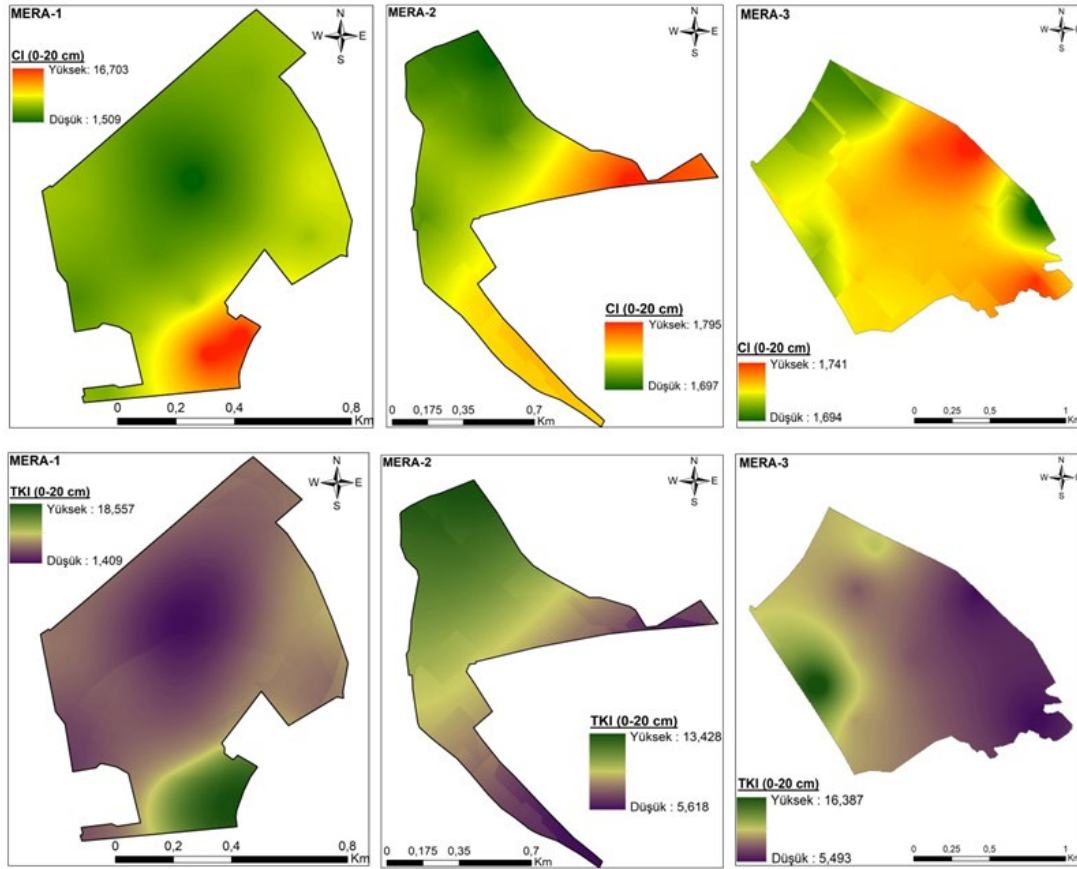
Bafra Ovası sağ sahil örnek mera arazilerinden alınan yüze topraklarında belirlenen toprakların sıkışabilirlik indeksi ve toprak kabuk indeksinin alanda konumsal dağılımlarının haritalanması amacıyla on beş adet model uygulanmış ve bunlardan en uygun olan model en düşük RMSE değerine göre belirlenmiştir (Tablo 5). Tablo 5 incelendiğinde, Mera-1 ve Mera-3 yüze topraklarında CI için Simple Kriging'e ait Exponential semivariogram model uygun olarak belirlenirken, Mera-2 için Spherical model uygun olduğu bulunmuştur. Toprak kabuk indeksinin mera alanlarında dağılımlarında ise, Mera-1 ve Mera-3 için Gaussian ve Exponential semivariogram model uygun iken, Mera-2 için Ordinary Kriging'e ait Gaussian model uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

Uygun dağılım modelleri sonrasında gerek TKİ gerekse de CI için mera alanlarına yönelik dağılım haritaları üretilmiş ve Şekil 3'te verilmiştir. Mera-1 için alanın güney kesiminde az bir alanda değerlerde yükselme meydana gelmesi nedeniyle toprakların sıkışabilirliğine yönelik risklilik yaratırken, Mera-3'te alanın büyük bir kısmında toprak sıkışabilirliğinde risklilik göstermektedir. Mera-2 ise Mera-1'de olduğu gibi özellikle doğu kesiminde az bir alanda toprak sıkışabilirliğinde risklilik göstermektedir. Toprak kabuk indeksinin mera alanlarındaki dağılımı Mera-1 ve Mera-2 için CI ile paralellik göstermekte; fakat, Mera-3'te ise alanın güney batı ve batı kesiminde kabuk oluşum riskinin daha yüksek olan az bir alan belirlenmiştir (Şekil 3).

Tablo 5. Yüzey topraklarına ait farklı interpolasyon modellerine göre RMSE değerleri
 Table 5. RMSE values according to different interpolation models of surface soils

| | IDW | | | RBF | | | Kriging | | |
|------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|-----------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | TPS | CRS | ST | Universal | | |
| | Gau. | Exp. | Sph. | Gau. | Exp. | Sph. | Gau. | Exp. | Sph. |
| Mera-1 CI | 0.1728 | 0.1744 | 0.1757 | 0.2332 | 0.1728 | 0.1713 | | | |
| Mera-2 CI | 0.0688 | 0.0707 | 0.0728 | 0.0812 | 0.0718 | 0.0707 | | | |
| Mera-3 CI | 0.1021 | 0.1131 | 0.1245 | 0.1699 | 0.1162 | 0.1126 | | | |
| Mera-1 TKİ | 3.6047 | 2.9040 | 2.3572 | 2.6303 | 2.1788 | 2.2436 | | | |
| Mera-2 TKİ | 4.71438 | 4.8126 | 4.9290 | 5.4864 | 4.7689 | 4.7244 | | | |
| Mera-3 TKİ | 6.2764 | 6.5434 | 7.1813 | 10.4485 | 6.4335 | 6.3114 | | | |

Gau.: Gaussian, Exp.: Exponential, Sph.: Spherical, TPS: Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, ST: Spline with Tension



Şekil 3. Mera alanlarının yüzey toprakları için CI ve TKİ dağılım haritaları
 Figure 3. CI and soil crust index distribution maps for surface soils of pasture areas

Mera arazilerinin yüzey altı topraklarına ait TKİ ve CI dağılım modelleri olarak düşük RMSE değerleri Tablo 6'da verilmiştir. CI için Mera-2 ve Mera-3'te RBF'nin CRS ve ST modelleri uygun olduğu belirlenirken; Mera-1 alanında, CI dağılımı için Simple Kriging'e ait Exponential

semivariogram model uygun olarak belirlenmiştir. Mera alanlarında TKİ için ise, Simple Kriging'e ait Exponential semivariogram model Mera-1 ve Mera-3 için uygun olarak belirlenirken, Mera-2 için Gaussian model en uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Yüzey altı topraklarına ait farklı enterpolasyon modellerine göre RMSE değerleri
 Table 6. RMSE values according to different interpolation models of subsurface soils

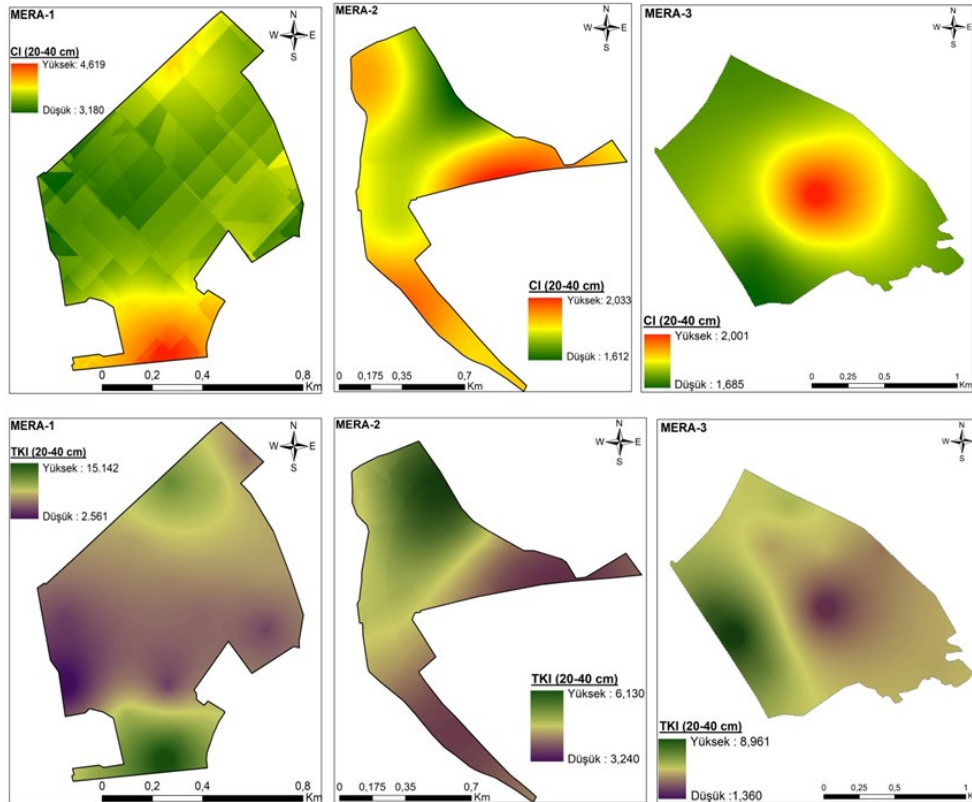
| | IDW | | | RBF | | |
|------------|--------|--------|---------|--------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | TPS | CRS | ST |
| Mera-1 CI | 0.0641 | 0.0621 | 0.0620 | 0.0781 | 0.0626 | 0.0625 |
| Mera-2 CI | 0.0862 | 0.0872 | 0.0908 | 0.0745 | 0.0715 | 0.0747 |
| Mera-3 CI | 0.0739 | 0.0711 | 0.06841 | 0.0631 | 0.0624 | 0.0609 |
| Mera-1 TKİ | 1.3752 | 1.3059 | 1.3005 | 1.2870 | 1.2072 | 1.2078 |
| Mera-2 TKİ | 2.0996 | 2.1809 | 2.3295 | 2.3674 | 2.0166 | 2.0158 |
| Mera-3 TKİ | 1.7787 | 1.5478 | 1.4605 | 1.6296 | 1.2812 | 1.2946 |

| | Kriging | | | | | | | | |
|------------|----------|--------|--------|---------------|---------------|--------|-----------|--------|--------|
| | Ordinary | | | Simple | | | Universal | | |
| | Gau. | Exp. | Sph. | Gau. | Exp. | Sph. | Gau. | Exp. | Sph. |
| Mera-1 CI | 0.0663 | 0.0664 | 0.0664 | 0.0621 | 0.0619 | 0.0620 | 0.0663 | 0.0664 | 0.0664 |
| Mera-2 CI | 0.0820 | 0.0829 | 0.0830 | 0.0788 | 0.0805 | 0.0790 | 0.0821 | 0.0829 | 0.0831 |
| Mera-3 CI | 0.0789 | 0.0789 | 0.0789 | 0.0690 | 0.0690 | 0.0690 | 0.0789 | 0.0789 | 0.0789 |
| Mera-1 TKİ | 1.4119 | 1.4035 | 1.3814 | 1.3101 | 1.2916 | 1.2958 | 1.4119 | 1.4035 | 1.3814 |
| Mera-2 TKİ | 2.0237 | 2.0155 | 2.009 | 1.9897 | 2.0083 | 2.0012 | 2.0237 | 2.0155 | 2.009 |
| Mera-3 TKİ | 1.5176 | 1.4001 | 1.4561 | 1.5091 | 1.3998 | 1.4441 | 1.5176 | 1.4001 | 1.4561 |

Gau.: Gaussian, Exp.: Exponential, Sph.: Spherical, TPS: Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, ST: Spline with Tension

Yüzey altı toprakların TKİ ve CI için mera alanlarına yönelik dağılım haritaları üretilmiş ve Şekil 4'te verilmiştir. Yüzey altı toprakların mera alanları içerisinde CI değerlerine ait dağılım haritaları yüzey toprakları ile genel bir paralellik göstermektedir. Mera-1'in güney kesimlerinde kalan az bir alanda toprakların sıkışabilirliğine yönelik risklilik artışı gözlenmiştir; alanın büyük bir kısmında

toprakların sıkışabilirliği düşük seviyede iken, Mera-2'de genellikle güney doğu kesimlerinde yükselmektedir. Toprak kabuk indeksinde ise Mera-1'de alanın kuzey ve güney kesimlerinde artış gözlenirken, Mera-2'de alanın kuzey ve kuzey batı kesimlerinde artış gözlenmektedir. Mera-3'te ise alanın orta kesimlerinde yüksek değerler olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Mera alanlarının yüzey altı toprakları için CI ve TKİ dağılım haritaları
 Figure 4. CI and soil crust index distribution maps for subsurface soils of pasture areas

4. Sonuçlar

Çayır ve meralar, hayvancılık açısından verimli, dengeli ve kaliteli kaba yem üretmesi yönünden değerlendirildiğinde; bu arazilerde de diğer tarım arazilerinde olduğu gibi, toprak kalitesinin de yüksek olması tercih edilir. Dolayısıyla, toprakların üretkenliklerini kaybetmeden sürdürülebilirliklerinin sağlanması kapsamında tarımsal üretimde arazi özelliklerinin bilinmesi, değişkenlerin analizi, problem yaratabilecek değişkenlerin belirlenmesi ve bu değişkenliklerin tespit edildiği alanlarda geleceğe yönelik amenajman uygulamalarına karar verebilmesine yönelik olarak etkili yöntemlerin kullanılması, gelişen teknolojiye bağlı olarak veri tabanlarının oluşturulması ve toprak haritalarının yeterli detayda hazırlanması son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Bafra Ovası sol sahilinde dağılım gösteren bazı mera arazilerinden alınan toprak örneklerinde yapılan fiziko-kimyasal analizler ile toprak kabuk indeksi ve sıkışabilirlik indeksi ve bunların konumsal dağılım durumları incelenmiştir. Çalışma alanında dağılım gösteren meralarda, özellikle toprakların fiziko-kimyasal ve verimlilik içeriklerindeki yüksek değişkenlikler dikkate alındığında, uygulanacak ıslah programları ile mera topraklarının bu özellikleri yönünden koruma ve iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, mera topraklarında gerek kabuk oluşumu gerekse de sıkışmadan dolayı bitki çıkışı ve gelişimini önemli ölçüde olumsuz etkilenmesi nedeniyle; otlama zamanı ve toprağın uygun zamanlarında mera alanlarının hayvanlar tarafından kullanımının sağlanmasına yönelik, bir mera planlama çalışması yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda Samsun gibi yağışlı yörelerde dağılım gösteren mera alanlarında bol ve yüksek kaliteli yem üretiminde etkili olabilecek gerek organik (ahır gübresi gibi) gerekse de kimyasal gübreleme çalışmalarına, eksikliği görülen bitki besin maddelerinin dâhil edilmesi tavsiye edilmektedir.

Etik Beyanı

Yazarlar, bu araştırma için etik onay gerekmediğini beyan etmektedir.

Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar; makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Alaboz, P., Demir, S., Dengiz, O., 2020. Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 432-444.
- Altunbaş, S., Gözükara, G., Demirel, B.Ç., 2020. Aksu ovasında farklı flüviyal depozitler üzerinde gelişen toprakların özelliklerinin ve dağılımlarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(3): 381-391.
- Anonymous, 1982. Chemical and microbiological properties. In: A.L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA.
- Anonymous, 1993. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture, Handbook No: 18, Washington D.C., USA.
- Anonymous, 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA, Handbook No: 436, Washington D.C., USA.
- Arslan, H., 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*, 113: 57-63.
- Arslan, H., 2014. Estimation of spatial distribution of groundwater level and risky areas of seawater intrusion on the coastal region in Çarşamba Plain, Turkey, using different interpolation methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8): 5123-5134.
- Aydın, A., Dengiz, O., 2019. Yarı-humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve sınıflandırması. *Toprak Su Dergisi*, 8(2): 68-80.
- Bıçakçı, E., Açıkbaş, S., 2018. Bitlis ilindeki kaba yem üretim potansiyelinin hayvan varlığına göre yeterliliğinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 180-185.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 4(9): 434.
- Bruce, R.C., Rayment, G.E., 1982. Analytical Methods and Interpretations Used by The Agricultural Chemistry Branch for Soil and Land Use Surveys. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane.
- Celilov, C., Dengiz, O., 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz Milli Park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3): 242-256.
- Chong-Feng, B.U., Gale, W.J., Qiang-Guo, C.A.I., Shu-Fang, W.U., 2013. Process and mechanism for the

- development of physical crusts in three typical Chinese soils. *Pedosphere*, 23(3): 321-332.
- Çelenk, F.K., 2016. Toprak özelliklerinde mekânsal değişkenliğin faktör analizi: Erenler örneği (Sakarya). *Türk Coğrafya Dergisi*, 66: 37-42.
- Çelik, P., Dengiz, O., 2018.. 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.
- Dede, V., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Türkeş, M., Gökçe, C., Serin, S., 2020. İlgaz Dağları periglasyal şekillerinde oluşmuş toprakların fizikokimyasal özellikleri ile bazı erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(1): 99-123.
- Dengiz, O., Gülser, C., 2014. Farklı fluvial depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(1): 9-17.
- Dengiz, O., Özcan, H., 2006. Determination of productivity index (PI) of soils of Samsun-Bafra Plain using GIS technique. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38): 136-142.
- Dengiz, O., Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., Başkan, O., Budak, M., Turan, N., 2019a. Coğrafi bilgi sistemleri analizi ile Hakkâri ili meralarının arazi ve toprak özelliklerinin incelenmesi. *ISPEC Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi*, 10-12 Haziran, Tam Metin Kitabı, Siirt, Türkiye, s. 693-701.
- Dengiz, O., Özyazıcı, M.A., Sağlam, M., 2015. Multi-criteria assessment and geostatistical approach for determination of rice growing suitability sites in Gokirmak catchment. *Paddy and Water Environment*, 13(1): 1-10.
- Dengiz, O., Saygın, F., İmamoğlu, A., 2019b. 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.
- Duman, A., 2017. Artvin, Erzurum ve Bayburt illerindeki bazı mikro havzalarda bozuk orman ve mera alanlarında bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi, uydu görüntüleri ile ilişkilendirilmesi ve modellenmesi. Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Erel, A., Gülser, C., Özyazıcı, M.A., 2010. Effects of different pasture amelioration methods on some soil properties in Minoz Creek Basin. *Anatolian Journal of Agricultural Sciences*, 25(S-1): 42-47.
- Erşahin, S., 1999. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (Spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13: 34-41.
- İmamoğlu, A., Eraslan, S., Coşkun, A., Saygın, F., Dengiz, O., 2018. Farklı toprak özelliklerine bağlı toprak kabuk oluşumu. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71: 47-52.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri. Vol. 3, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.
- Metson, G.H., 1961. The conductivity of oxide cathodes. Part 10: Spontaneous generation of negative ions. *Proceedings of the IEE-Part C: Monographs*, 108(14): 438-449.
- Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2000. Soil spatial variability. In: M.K. Summer (Ed.), *Handbook of Soil Science*, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 321-352.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1983. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: A.L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 539-579.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. USDA Circular No. 939, US Government Printing Office, Washington DC.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., 2019. Determination of some soil characteristics of rangelands in central and western parts of Samsun Province. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 13(39): 143-150.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Ünal, E., 2015. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının bazı makro ve mikro bitki besin maddesi konsantrasyonları ve ters mesafe ağırlık yöntemi (IDW) ile haritalanması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2): 187-202.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Ünal, E., 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 136-148.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., İmamoğlu, A., 2014. Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(2): 128-137.
- Özyazıcı, M.A., Yıldız, A., 2017. Türkiye'nin doğusunda yer alan doğal bir meranın toprak ve bitki örtüsünün beslenme dinamiği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı): 109-115.
- Pacci, S., Dengiz, O., 2023. Ayçiçeği tarımı yapılan toprakların SMAF modeli ile toprak kalite indislerinin belirlenmesi: Tokat Zile ilçesi örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(1): 54-66.
- Palta, Ş., Yaman, İ., Baş, E., 2023. Yükseltiyeye göre meraların bazı toprak ve vejetasyon özelliklerinin karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1): 153-169.
- Pellegrini, S., Agnelli, A.E., Andrenelli, M.C., Barbetti, R., lo Papa, G., Priori, S., Costantini, E.A., 2018.

- Using present and past climosequences to estimate soil organic carbon and related physical quality indicators under future climatic conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 266: 17-30.
- Pieri, C., 1989. Fertilité des Terres de Savane. Bilan de Trente Années de Recherche et de Développement Agricole au Sud du Sahara, IRAT, Paris.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No: 60.
- Sağlam, M., 2008. Gökhöyük tarım işletmesinde yaygın toprak serilerinde bazı kalite göstergelerinin uzaysal değişkenliğinin jeostatistiksel yöntemlerle incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sağlam, M., 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14.
- Saygın, F., Dengiz, O., 2013. Bafra Ovası sol sahilinde yer alan Fener köyü ve yakın çevresinde dağılım gösteren farklı toprakların sınıflandırılması ve dağılım alanlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2(2): 63-72.
- Smith, C.W., Johnston, M.A., Lorentz, S., 1997. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. *Geoderma*, 78(1): 93-111.
- Soane, B.D., van Ouwerkerk, C., 1994. Soil compaction problems in world agriculture. In: B.D. Soane (Ed.), *Developments in Agricultural Engineering*, Elsevier, 11: 1-21.
- Stone, J.A., Larson, W.E., 1980. Rebound of five one-dimensionally compressed unsaturated granular soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44(4): 819-822.
- Taşdelen, K., 2020. Terme Ovasında çeltik yetiştirilen alanların tuzluluk ve sodyumluluk durumlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2): 175-184.
- Taşdelen, S.S., Özyazıcı, M.A., 2022. Doğal bir meranın farklı yükseltilerine göre verim ve botanik kompozisyonunun değişimi: Türkiye, Siirt ili Merkez ilçesi Doluharman Köyü merası. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 23(2): 106-115.
- Tunçay, T., Bayramin, İ., Erpul, G., Kibar, M., 2010. Kırşehir Çiçekdağ tarım işletmesi toprakları kalite durumları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 185-191.
- Turan, İ.D., 2022. Yarı kurak ekolojik koşullar altında oluşmuş komşu mikro havzalarda toprakların kabuk oluşumu ve konumsal dağılım durumlarının belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 20(1): 67-83.
- Turan, İ.D., Dengiz, O., 2021. Çorum Çayı Havzası topraklarının kabuk oluşum risk durumlarının belirlenmesi ve haritalanması. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(2): 289-298.
- Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ., 2018. Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5:2, 131-142.
- Turan, N., Özyazıcı, M.A., Yalçın Tantekin, G., 2015. Siirt ilinde çayır mera alanlarından ve yem bitkilerinden elde edilen kaba yem üretim potansiyeli. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1): 69-75.
- Vignozzi, N., Pellegrini, S., Batistoni, E., Rocchini, A., L'Abate, G., Costantini, E.A.C., 2005. Suscettibilità al compattamento di inceptisuoli vertici: Messa a punto di un nuovo indice di stima. *Atti del Convegno Il Suolo: Sistema Centrale Nell'ambiente e Nell'agricoltura, Della Società Italiana di Scienza del Suolo*, 21-24 Giugno, Bari, pp. 203-210.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial variability: It's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: D.R. Nielsen and J. Bouma (Eds.), *Soil Spatial Variability*, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 166-194.
- Wolf, B., 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2(5): 363-374.
- Yalçın, M., Çimrin, K.M., Tutuş, Y., 2018. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi çayır-mera topraklarının besin elementi durumları ve bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3): 385-396.
- Yavuz, T., Kır, H., Gül, V., 2020. Türkiye'de kaba yem üretim potansiyelinin değerlendirilmesi: Kırşehir ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(3): 345-352.

ALINTI: Ertaş Peker, A., Dengiz, O., Birol, M., 2024. Bafra Ovası Örnek Mera Alanlarının Bazı Fiziksel Kalite İndeksleri ve Konumsal Dağılımları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11(1): 58-70.

CITATION: Ertaş Peker, A., Dengiz, O., Birol, M., 2024. Some Physical Quality Indexes and Spatial Distributions of Sample Pasture Areas in Bafra Plain. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 11(1): 58-70. (In Turkish).