

Yarı-humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içerikleri ile konumsal dağılımlarının belirlenmesi

Arif AYDIN¹, Orhan DENGİZ²

¹Tarım ve Orman Bakanlığı İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Samsun

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

Alınış tarihi: 12 Mart 2019, Kabul tarihi: 26 Eylül 2019

Sorumlu yazar: Orhan DENGİZ, e-posta: odengiz@omu.edu.tr

Öz

Bu çalışma ile Samsun ilinin güneyinde bulunan Kavak ilçesi sınırları içerisinde yer alan Seyitali, Kaya, İdrisli, Muhsinli, Beyköy ve Çayırli mahallelerine ait toplam 1523 parselden oluşan ve 397.3 ha alan kaplayan tarım arazilerin bazı fiziksel, kimyasal ve verimlilik özelliklerinin belirlenmesi ile CBS yardımıyla farklı enterpolasyon modeller kullanarak 14 farklı parametre açısından dağılım haritalarının hazırlanması amaçlanmıştır. Alanın yıllık ortalama sıcaklık 10.2 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı da 512.5 mm'dir. Newhall simülasyon modeline göre, toprak sıcaklık rejimi Mesic ve toprak nem rejimi ise Typic Xeric olarak belirlenmiştir. Çalışma sahasından 200m x 200m aralıklarla oluşturulan grit sistemden yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toplam 233 adet yer koordinatları ölçülerek toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvara getirilen topraklar, pH, EC, CaCO₃, OM, N, Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Cu, Zn ve Mn analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, toprakların tamamı tuzsuz, pH değerleri ise nötr-hafif alkali arasında değişmektedir. Kireç içerikleri az ve orta düzeylerde, OM ve çinko ise genel olarak yeterli olarak belirlenmiştir. Ayrıca, toplam azot, magnezyum, fosfor, demir ve mangan yeterli düzeyde bulunmuştur. Ayrıca, uygun gübreleme ve arazi yönetimi pratikleri için uygun enterpolasyon model kullanılarak bu parametrelerin dağılım haritalarının oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Toprak verimliliği, enterpolasyon, CBS

Determination of physico-chemical and nutrient element content of soils formed under semi-humid ecological environment

Abstract

The aim of this study was to determine some physical, chemical properties and nutrient element content of agricultural soils which cover about 397.28 ha and includes 1523 parcels of Seyitali, Kaya, İdrisli, Muhsinli, Beykoy and Çayirli neighborhoods located at Kavak district in the south of Samsun province and to create their distribution maps using interpolation models in CBS medium. The average annual temperature is 10.2 °C and the annual average rainfall is 512.5 mm. According to Newhall simulation model, soil temperature and moisture regimes are Mesic and Typic Xeric, respectively. Total 233 soil samples coordinated were collected from soil surface (0-20 cm) and sub-surface (20-40 cm) using 200m x 200m grit system in agricultural fields. Physical (soil texture), chemical (pH, EC, CaCO₃ and OM), and nutrient elements (TN, Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Cu, Zn and Mn) analysis were done. According to results, all agricultural soils are non-saline and their reaction varied from neutral to slightly alkaline. While lime content has between low and medium level, OM and zinc values were determined generally sufficient. In addition, total nitrogen, Mg, P, Fe and Mn were determined in sufficient level. In addition, in order to make suitable fertilization and land management practices, distribution maps of all these parameters were generated using suitable interpolation model.

Key words: Soil fertility, interpolation models, GIS

Giriş

Geçmişten günümüze insan, doğal yaşamını devam ettirebilmek için sürekli tüketmek zorundadır. Hız kesmeden artan dünya nüfusu, gıda tüketimini tahmin edilemez bir şekilde artırmaktadır. Ancak günümüzde bu baskıyı artıran yalnızca beslenme ihtiyacı değildir. Tarımsal ürünlerin hammadde olarak kullanıldığı sanayi sistemlerinin gelişmesi ile beraber seri üretimlerin artması bir diğer sebeptir (Kirişçi ve ark., 1999). Tarımsal üretim yapılan alanlar artırılmadığından elde kalan alanların sürdürülebilir tarımsal üretim esaslarına uygun olarak üretim modellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tarımsal üretim açısından toprağın sürdürülebilir verimliliği, içerisinde gerçekleşen kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerde yer alan bitki besin elementlerinin dengesi ile de yakından ilişkilidir. Toprağın içerisinde bulunan bitki besin elementleri amanaşman şekline bağılı olarak, bu süreçler içerisinde toprak verimliliğini direk veya indirekt olarak etkileyebilmektedirler.

Geleneksel tarım uygulamalarında verim artışını sağlayabilmek için çiftçiler genelde makro besin elementleri içeren gübreleri vererek elde edilecek hasadı artırmaya çalışmaktadır. Toprak özellikleri göz önüne alınmadan atadan kalma yöntemler ile yapılan gübreleme, sürüm, sulama vb. tarımsal uygulamalar geri dönüşümü çok zor sonuçlar doğurabilmektedir. Tarım topraklarının erozyon ile kaybı, çoraklaşması, sıkışması ve hatta amaç dışı kullanılması tarımsal üretim yapılabilecek alan miktarlarının git gide daralmasına sebep olmaktadır. Ülkemiz topraklarında ise bitki besin element düzeyleri genel olarak bitkilerin yararlanabileceği seviyelerin altındadır. Bu sebeple bitkisel üretim yapılırken verimi ve kaliteyi artırmak için topraktan uzaklaşan bitki besin elementinin yerine konulabilmesi amacı ile gübreleme yapılması gerekmektedir. Ancak ülkemizde kullanıma sunulan gübre içerikleri bitkiler için gerekli olan tüm besin elementlerini maalesef kapsamamaktadır (Özyazıcı ve ark., 2016). Bu sebeple gübrelemenin hassas tarım uygulamalarına uygun bir şekilde yapılabilmesi içinde toprakta bulunan bitki besin element kapsamının belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuda birçok araştırma yapılmış ve toprakta bulunan bitki besin elementleri kapsamının toprak özellikleri ile ilişkileri ortaya konularak yerel ve bölgesel olarak oluşmuş olan sorunların çözülmesi için öneriler üretilmiştir (Adiloğlu ve Adiloğlu, 2004; Ateş ve Turan, 2015; Çakıcı ve ark.,

2012; Çimrin ve Boysan, 2006; Tarakçioğlu ve ark, 2003; Tümsavaş ve Aksoy, 2008).

Toprak verimlilik özelliklerinin tarımsal alanlarda kısa mesafelerde dahi değişim göstermesi ve bu değişimin izlenebilme olanakları, girdi optimizasyonu sağlayan, çevreye duyarlı hassas tarım ve değişken oranlı gübre uygulamaları teknolojilerini doğurmuştur. Hassas tarım uygulamaları ile üretimde optimizasyon sağlanabilmekte, çevreye daha duyarlı tarımsal uygulamalar geliştirilebilmektedir (Güçdemir, 2006). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları belirlenmesi üzerine (Özyazıcı ve ark, 2017) yaptıkları çalışmada ise tarım alanlarını temsil edecek şekilde 2,5 x 2,5 km grid mesafelerde 0-20 cm toprak derinliğinden toplam 3400 adet toprak örnekleri olarak toprakların CBS yardımıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait dağılım haritaları oluşturmanın yanı sıra Bölge topraklarının %58,83'ünde fosfor noksanlığı görülürken, toprakların %42,68'inde ekstrakte edilebilir potasyumun yeterli olduğunu belirlemiştirler.

Toprakların farklı arazi kullanımları altında, bazı makro besin elementi içerikleri (N,P,K) içeriklerinin konumsal dağılımlarını belirlemek amacıyla Elazığ İli Baskil İlçesine bağılı Şeyh Hasan Köyü'nde yaklaşık 400 hektar alan üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir (Arslan ve ark., 2018). Yapılan bu çalışmada, 174 farklı noktadan 0-15 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak alansal dağılımı belirlemek için 5 farklı enterpolasyon yöntemi karşılaştırarak, en iyi dağılımı veren yöntem belirlenmiş ve toplam N, P_{av} ve K_{av} 'un konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır. Elde edilen dağılım haritalarına göre, çalışma alanı FAO sınıflaması dikkate alındığında toplam N ve K yönünden yeterli düzeyde belirlemiştirler. Diğer taraftan P'in çalışma alanının çok az bir kısmında az düzeyde buna karşın genelde yeterli düzeyde olduğunu belirlemiştirler.

Tüm bunlara karşılık ülkemiz toprakları üzerinde yapılması planlanan hem tarımsal açıdan hem de tarım dışı projelerin nihai hedeflerine azami yakınlığın sağlanabilmesi konuma dayalı, nitelik ve nicelik bakımından özellikleri içeren toprak veri tabanının varlığına bağılıdır (Çullu, 2012). Eğimli kırsal alanlarda oluşan topraklar çok kısa mesafelerde bile değişiklik gösterebilmektedir (Hagedorn vd, 2010). Bu sebeple yapılacak olan haritalama çalışmalarında kullanılacak modellerin

hazırlanmasında seçilecek yöntemlerin belirlenmesi önemli bir işlemdir. Bunun için (Keskin ve Grunwald, 2018) Regresyon Kriging (RK), dijital toprak haritasının alet kutusundaki en popüler, pratik ve sağlam hibrit uzamsal enterpolasyon tekniklerinden biri olduğunu ve bunun yer ve zamandaki çoklu ölçeklerde toprak dağılımı modellerinin hazırlanmasında kullanıldığını belirtmiştir. RK tekniği her ne kadar tartışmalı olan bir yöntem olsa da 2004-2014 yılları arasında Amerika'nın Catena, Geoderma ve Toprak Bilimi Derneği dergilerinde 40 farklı makalede toplam 142 farklı modelde 18 ayrı değişken dahil edilerek incelenmiştir. Dünyada konumsal enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması konularında çeşitli alanlarda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Feizizadeh ve Blaschke, 2013; Luo ve He, 2011; Mapedza ve ark., 2003; Özyazıcı ve ark., 2016; Sharma ve ark., 2008; Taşan ve Demir, 2017). Toprak verimlilik özellikleri alansal olarak değiştiğinden, örneklenmiş iki nokta arasında kalan örneklenmemiş kısımda bu iki noktadan alınan bilgilerin jeostatistiksel istatistiksel yöntemler kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Bu tahminler için araştırmacılar uzaysal korelasyonu belirlemek amacı ile enterpolasyon ve ekstrapolasyon yöntemleri kullanmaktadırlar (Ersoy ve Yünsel, 2008). Bu örnek noktalarından elde edilmiş olan veriler bilgisayara aktarılarak konumsal enterpolasyon teknikleri ile dağıtılmak sureti ile dağılım haritaları üretilmektedir (Heuvelink, 2006).

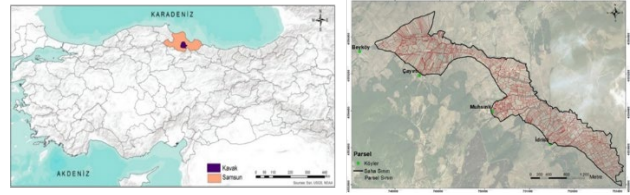
Toprak verimliliğini etkileyen tüm değişkenlik süreçlerinin takip edilmesi, belirlenmesi, yorumlanması ve etkili bir yönetim biçimi geliştirebilmek açısından oldukça önemlidir. Samsun ili sınırları içerisinde yer alan İdrisli, Muhsinli, Beyköy, Kaya, Seyitali ve Çayırli mahallelerine ait toplam 1523 parselden oluşan ve 3778.3 dekar alanda yapılan bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımı ile toprak verimlilik özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve içerdikleri karakteristik durumlara göre yönetim biçimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanı genel özellikleri

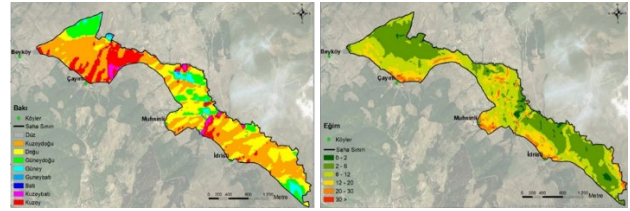
Çalışma alanı Samsun ili Kavak ilçesi sınırları içerisinde İdrisli, Muhsinli, Çayırli, Beyköy, Seyitali ve Kaya mahallelerinde, toplam 1523 parsel üzerinde ve 397.28 ha alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, 748000-753000 D ve 4553000-4556500 K (Zone 36, WGS84, UTM, m) koordinatları

arasında ve deniz seviyesinden ise 600-825 m yükseklikte yer almaktadır (Şekil 1).



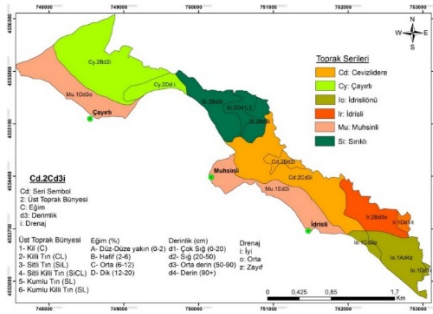
Şekil 1. Çalışma sahası lokasyon ve parsel haritası

Çalışma sahasına ait sayısal yükseklik modeli yardımıyla eğim ve bakı haritası Şekil 2 de verilmiştir. Çalışma sahasının büyük bir çoğunluğu (%76.1) hafif ve orta dik eğime sahip olup, yalnız %2 civarındaki alanlar ise düz ve düze yakın eğimlidir. Toplam alanın %23.6'sı ise dik ve çok dik sahalara oluşturmaktadır. Ayrıca, alanda en fazla hakim olan bakı ise kuzeydoğu ve doğu yöneyleri olarak belirlenmişken, batı ve güneybatı yöneyleri ise en az alanı kapladığı yöneyler olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanına ait eğim ve bakı haritaları

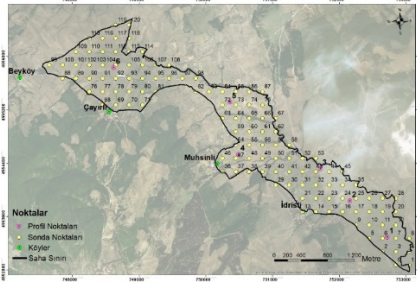
Araştırma alanı (Thorntwaite, 1948) iklim sınıflaması dikkate alındığında C2,B'1,s,b'4 sembolleri ile ifade edilen; yarı nemli, 1. dereceden mezotermal, yazın orta derecede su noksanı, deniz etkisine yakın bir iklime sahiptir. Uzun yıllar (1989-2016) yıllık ortalama uzun yıllar meteorolojik ölçümlere göre, yıllık ortalama sıcaklığı 10.3 °C ve yıllık ortalama yağış miktarıda 512.5 mm'dir. Newhall model sonucuna göre toprak sıcaklık rejimi *Mesic* nem sınıflaması ise *Typic xeric* olarak belirlenmiştir (Turan vd, 2018). Çalışma alanı içerisinde yalnızca buğday tarımı yapılmaktadır. Çalışma alanına ait detaylı toprak etüd ve haritalama çalışması ise Aydın (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Topraklar %67.5 ile Entisoller en fazla alan kaplarken, bunu sırasıyla %21.8 ile Inceptisoller ve %10.6 ile Vertisoller izlemektedir. Ayrıca, Çayırli serisi %24.08 ile en fazla büyüklüğe sahip toprak serisi iken, İdrisli serisi ise %8.17'lik oran ile en az alana sahip seri olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı temel toprak haritası

Örnekleme planı ve toprak analiz yöntemleri

Yaklaşık 397.3 ha'lık alan kaplayan çalışma alanı içerisinde 200 m x 200 m şeklinde oluşturulan grit sisteminden yüzeyden (0-20 cm) 119 adet ve yüzey altı (20-40cm) derinlikten 115 adet toplam 233 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleme için desen Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Toprak örnekleme deseni

Alınan toprak örnekleri fiziksel, kimyasal ve verimlilik analizler için laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen bu örnekler hava kurusu hale getirildikten sonra sap, kök vb. maddelerden ayıklanıp 2mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Bünye analizi (Bouyoucos, 1962), hacim ağırlığı (Blake ve Hartge, 1986), hidrolik iletkenlik (Klute ve Dirksen, 1986), pH 1:2.5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), EC (1:2.5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), organik madde (Jackson, 1958), katyon değişim kapasitesi (Rhoades, 1982), değişebilir katyonlar (Loue, 1968), Scheibler kalsimetresi ile volümetrik kireç (Nelson ve Sommers, 1982), Olsen yöntemine göre alınabilir fosfor (P) (Olsen, 1954), 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ekstraksiyon yöntemiyle alınabilir potasyum (K) (Anonymous, 1992) ve azot (N) kapsamı analizi ise Mikro Kjeldahl metodu ile (Bremner ve Mulvaney, 1982) belirlenmiştir. Toprakların demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri ise; DTPA ile ekstraksiyon sonrasında elde edilen çözeltinin atomik

adsorbsiyon spektrofotometresinde okunmasıyla (Anonymous, 1990) saptanmıştır. Toprak özelliklerinin aralık sınıflarının değerlendirilmesinde, (Lindsay ve Norvel, 1978) ile (Ülgen ve Yurtsever, 1995) tarafından bildirilen sınır değerler kullanılmıştır.

Tanımlayıcı istatistik ve enterplasyon modeller

Toprak analizlerinden elde edilen noktasal verilerin alansal dağılımını belirlemek için enterpolasyon modelleri kullanılması suretiyle en uygun model belirlenerek çalışma alanı topraklarının bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve besin element içeriklerinin dağılım haritaları üretilmiştir. Çalışma alanında alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları ve çalışma alanının coğrafik verileri enterpolasyon metodları kullanılarak ArcGIS 10.2.2 konumsal dağılım haritaları hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında deterministik yöntemlerden Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi, stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) metodları karşılaştırılmıştır. Çalışmada IDW metodunda birinci, ikinci ve üçüncü kuvvet (IDW-1, IDW-2, IDW-3), RBF metodunda Düzeltilmiş Spline (Completely Regularized Spline (CRS) , İnce Plaka Spline (Thin Plate Spline TPS), ve Spline With Tension (ST) modelleri, kriging metodlarında ise Küresel (Spherical), Üssel (Exponential) ve Gaussian modelleri kullanılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesinde genel olarak en yaygın kullanılan yöntemler; Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE), tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki korelasyon değerlerinin kullanıldığı yöntemlerdir. Bu çalışmada en uygun yöntemlerin seçilebilmesi için yöntemlerin karşılaştırmalarında Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) yöntemi kullanılmıştır. Model belirlemede ise en düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Ding ve ark., 2011)

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

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

Çalışma alanına ait elde edilen toprak analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler SPSS 12.0 paket programında yapılmış, uygunluk sınıfların konumsal dağılım alanlarının belirlenmesinde ise ArcGIS 10.2v programları kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Toprakları temel tanımlayıcı istatistik özellikleri

Çalışma alanından 0-20 cm ve 20-40 derinliklerden alınan toprak örneklerine ait en küçük, en büyük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama çarpıklık-basıklık gibi tanımlayıcı istatistiklerin analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bir veri setinde verilerin simetrik dağılması normal bir dağılım göstermesi demektir. Normal dağılımda ise simetrikliğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denilmektedir. Dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesine basıklık (kurtosis) denir (Yıldız ve ark., 1999). Çizelge 1 incelendiğinde çarpıklık katsayıları yüzey topraklarında Ca, P, Cu, pH ve OM normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak EC ve CaCO₃ negatif (sola) çarpıklığa sahipken diğer normal dağılmayan özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır (Wilding, 1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (% 15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants ve ark., 1996; Sağlam, 2013). Buna göre çalışma alanında N ve Cu düşük değişkenlik göstermekte, CaCO₃ orta değişkenlikte diğer toprak özellikleri ise yüksek değişkenliktedir. Yüzey altı örnekleri incelendiğinde ise Fe, Cu, pH ve EC normal dağılım sergilerken, Ca sola çarpık (negatif) özellik, CaCO₃ ve OM sağa çarpık pozitif özellik sergilemektedir. OM, pH, EC, Cu ve Zn düşük değişkenliğe sahipken diğerleri ise yüksek değişkenliğe sahiptir.

Enterpolasyon modeller ve dağılım haritaları

Kabaca enterpolasyon; bilinmeyen bir fonksiyonun, bilinen değişken değer setlerini kullanarak bilinen bir fonksiyon elde etme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 2002). Enterpole edilecek veri seti içerisinde bulunan değerlerin nasıl bir dağılım yaptığını belirleyebilmek için deterministik ve stokastik yöntemler kullanılabilir. Deterministik yöntemler arasında en fazla IDW ve RBF yöntemleri, stokastik

yöntemlerden ise Ordinary, Universal ve Simple yöntemleri kullanılmaktadır. Toprak analiz sonuçlarına göre elde edilmiş olan noktasal verilerin çalışma alanında nasıl bir dağılım yaptığını belirleyebilmek için farklı karşılaştırma yöntemleri kullanılabilir (Arslan, 2012; Taşan ve Demir, 2017). Bunlar, veri setinin en düşük Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ya da Ortalama Mutlak Hata (MAE) yöntemleridir. ArcGIS 10.2.2 programı içerisinde "Geostatistical Extension" birimi, üretilen haritalarda tahminin ortalama hatası (ME) ve tahminin standardize ortalama hatalar karekökü kriterlerini kullanmaktadır (RMSE) (Çelik ve Dengiz, 2018). Haritalama işleminde kullanılacak yöntemin belirlenmesi için hesaplanan RMSE değerleri yüzey ve yüzey altı topraklar için Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Her bir verimlilik parametresi için bu değerlerden en düşük olan yöntem uygulanmak sureti ile dağılım haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yüzey toprak (0-20cm) örneklerinde Mg ve N parametrelerine ait dağılımı belirlemek için kriging modeli içerisinde yer alan basit krigingden üstel model en uygun olarak belirlenirken, organik madde ve kum parametrelerinin dağılımı için yine basit krigingden Gaussian modeli en uygun model olarak belirlenmiştir. Na, K, P, CaCO₃ ve silt parametrelerinin dağılımının belirlenmesi için ise aynı yöntemin küresel modeli en uygun model olarak belirlenmiştir. Ca ve Mn parametrelerine ait dağılımların belirlenmesi için ise kriging modeli içerisinde yer alan doğal kriging yöntemi içerisinden Ca parametresi için Gaussian modeli, Mn parametresi için ise küresel model en uygun model olarak belirlenmiştir. Zn ve Cu parametrelerine ait dağılımların belirlenmesi için RBF model içerisinden CRS, Fe parametresine ait dağılımın belirlenmesi için ise kriging modeli içerisinde yer alan evrensel yöntemden küresel model en uygun olan model olarak belirlenmiştir.

Yüzey altı (20-40 cm) topraklarına ait parametrelerin dağılımlarının belirlenmesine yönelik en uygun modeller incelendiğinde, kil parametresine ait dağılımların belirlenmesi için kriging modeli içerisinde yer alan doğal krigingden küresel model uygunken, Mn parametresi dağılımı için IDW'nin birinci kuvveti uygun olarak belirlenmiştir. Zn, Na, OM, Ca ve kum parametrelerine ait dağılımların belirlenmesi için kriging modeli içerisinde yer alan basit krigingden Gaussian model en uygun olarak belirlenirken, Cu,

Mg ve silt parametrelerinin dağılımlarının belirlenmesi için aynı yöntemin üstel modeli uygun olarak belirlenmiştir. K, P, Fe, CaCO₃ ve N parametre değerlerinin dağılımlarının belirlenmesi için ise yine aynı yöntemin küresel modeli uygun olarak belirlenmiştir. Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3' de, kil, silt ve kum dağılım haritaları ise Şekil 5'de verilmiştir. Vertisol topraklardan oluşmuş İdrisliönü serisi, İdrisli serisi, Cevzlidere serisine ait Cd.2Cd3i haritalama biriminin olduğu alanlar ile Sırlıklı serisinin doğu kesimlerinde dağılım gösteren topraklar %40 ile %60 arasında kil içeriğine sahiptir. Buna karşın, en az kil dağılımı gösteren topraklar ise alanın kuzeyinde bulunan Çayırılı serisine ait bölgelerde tespit edilmiş olup, bu toprakların kil içeriği %15'inde altındadır. Çalışma alanına ait yüzey altı toprak örneklerine ait kil dağılım durumları ise yine

özellikle vertisol topraklardan oluşmuş İdrisliönü serisi, İdrisli serisi ve Cevzli dere serisine ait Cd.2Cd3i haritalama biriminin olduğu kesim %50'lere ulaşan kil içeriğine belirlenirken, yüzeyde olduğu gibi Sırlıklı serisinin doğu kesimi ve Çayırılı serisine ait Cy.2Bd2i haritalama biriminin olduğu bölgede yine %50'lere varan ağır killi topraklar olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, en az kil içeriğine sahip yüzey altı topraklar, yüzey topraklarında olduğu gibi alanın kuzeyinde bulunan Çayırılı serisine ait bölgelerde tespit edilmiş olup, kil içeriği %20 ve altında oldukları saptanmıştır.

Çalışma alanı topraklarının silt fraksiyonunun bulunduğu tekstür sınıfları oldukça düşük oranlardadır ve toprakların silt içerikleri %7.48-%65.28 arasında değişmektedir. Çalışma alanının büyük bir bölümünde silt dağılımı alansal olarak %25 civarlarında olmakla beraber, bünye sınıfı içerisinde düşük değerler almaktadır.

Çizelge 1. Toprakların verimlilik özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı İstatistik	Derinlik	Ort.	S.S	DK*	Varyans	EDD	EYD	Çar.**	Bas.
Kum	0-20	36.96	8.08	41.27	65.42	21.04	62.31	0.55	0.47
%	20-40	35.01	8.59	42.35	73.92	16.2	58.60	0.64	0.37
Silt	0-20	24.98	6.25	57.87	39.08	7.41	65.28	1.98	14.33
%	20-40	24.58	4.54	27.49	20.65	7.41	34.90	-0.67	2.06
Kil	0-20	38.05	8.62	56.39	74.33	2.45	58.84	-0.72	1.66
%	20-40	40.40	8.47	42.79	71.87	20.6	63.39	-0.31	-0.11
pH	0-20	7.03	0.49	2.25	0.24	5.80	8.05	-0.32	-0.99
(1:2.5)	20-40	7.29	0.41	1.7	0.16	6.33	8.03	-0.4	-0.87
EC	0-20	0.02	0.0	0.06	0.0	0.01	0.07	2.02	11.87
(dS.m ⁻¹)	20-40	0.02	0.0	0.02	0.0	0.01	0.03	-0.2	-1.02
CaCO ₃	0-20	3.99	3.79	20.95	14.37	0.32	21.27	2.08	5.28
(%)	20-40	4.78	6.43	42.45	41.35	0.32	42.77	3.29	13.82
OM	0-20	3.04	1.08	5.3	1.18	0.63	5.93	0.4	0.15
(%)	20-40	2.07	0.98	5.71	0.97	0.14	5.85	1.27	2.23
N	0-20	0.26	0.21	2.32	0.04	0.11	2.43	9.14	93.22
(mg kg ⁻¹)	20-40	1.89	9.23	57.07	85.31	0.07	57.14	5.31	26.92
Ca	0-20	4922.1	1285.1	6323.2	1651565.7	2161.5	8484.7	0.27	-0.04
(mg kg ⁻¹)	20-40	5098.5	1635.8	9298.8	2675717.3	7.41	9306.23	-0.55	1.79
Mg	0-20	709.15	588.37	2850.5	346179.35	26.1	2876.59	1.74	3.03
(mgkg ⁻¹)	20-40	813.05	673.74	4059.4	453928.42	20.6	4080	1.58	3.93
Na	0-20	52.84	25.96	142.54	674.13	15.47	158.01	1.72	3.72
(mg kg ⁻¹)	20-40	65.11	37.5	329.67	1406.5	1.2	330.87	3.13	20.41
K	0-20	215.97	134.34	697.7	18048.1	49.92	747.62	1.77	3.72
(mg kg ⁻¹)	20-40	153.46	86.5	513.32	7482.65	0.01	513.33	1.63	4.29
P	0-20	21.15	14.59	65.28	213.07	0.77	66.05	1	0.63
(mg kg ⁻¹)	20-40	14.46	13.92	72.2	193.97	0.38	72.58	2.13	5.35
Cu	0-20	2.888	1.12	5.05	1.26	0.58	5.63	0.14	-0.44
(mg kg ⁻¹)	20-40	37.75	19.59	83.53	384.11	0	83.53	0.16	-0.7
Zn	0-20	5.143	12.53	90.4	157.19	0.57	90.97	5.1	28.91
(mg kg ⁻¹)	20-40	51.15	43.07	184.71	1855.39	4.03	188.74	1.48	1.58
Fe	0-20	48.03	30.51	115.57	931.012	6.32	121.89	0.62	-0.59
(mg kg ⁻¹)	20-40	2.66	0.97	4.84	0.94	0.58	5.42	0.2	-0.08
Mn	0-20	56.37	38.59	173.86	1489.77	7.54	181.4	1.13	0.7
(mg kg ⁻¹)	20-40	1.51	1.26	7.75	1.59	0.57	8.32	3.06	10.93

*Değişkenlik Katsayısı: <15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik **Çarpıklık: <|±0,5| = Normal Dağılım, 0,5-1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK> 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır. Ort: ortalama, S.S: Standart Sapma, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer, Çar.: Çarpıklık, Bas.: Basıklık, Değişkenlik katsayısı

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

0-20 cm	IDW			RBF			KIRIGING								
							OR			SM			UN		
	1	2	3	TPS	CRS	SWT	G	Ü	K	G	Ü	K	G	Ü	K
Kil	7.904	7.803	7.803	8.509	7.811	7.795	7.856	7.850	7.908	7.755	7.739	7.788	7.856	7.850	7.908
Kum	8.479	8.496	8.566	10.426	8.667	8.536	8.593	8.591	8.593	8.117	8.117	8.118	8.593	8.591	8.593
Silt	6.350	6.313	6.337	7.108	6.296	6.246	6.270	6.264	6.282	6.093	6.093	6.089	6.270	6.264	6.282
N	0.218	0.22	0.223	0.265	0.225	0.222	0.214	0.214	0.214	0.21	0.209	0.209	0.214	0.214	0.214
Mg	613.895	623.186	635.882	788.652	648.118	635.274	607.853	610.091	609.109	586.749	586.657	586.919	607.853	610.091	609.109
CaCO ₃	3.828	3.821	3.848	4.691	3.868	3.827	3.813	3.812	3.859	3.743	3.749	3.735	3.813	3.812	3.859
Ca	1226.63	1239.50	1254.47	1468.2	1272.3	1255.38	1225.17	1225.78	1226.34	1242.98	1242.3	1242.3	1225.17	1225.78	1226.34
P	14.731	14.727	14.842	16.474	14.754	14.669	14.812	14.824	14.8	14.275	14.311	14.239	14.812	14.824	14.8
K	128.609	131.159	134.166	160.746	136.423	134.052	128.472	128.57	128.746	127.485	128.146	127.308	128.472	128.57	128.746
OM	1.091	1.11	1.134	1.378	1.149	1.129	1.103	1.103	1.103	1.072	1.073	1.073	1.103	1.103	1.103
Fe	29.014	28.304	27.862	29.022	27.523	27.556	27.349	27.64	26.939	27.657	27.854	27.481	27.349	27.64	26.939
Na	26.918	26.772	26.809	30.148	26.779	26.727	27.059	27.125	26.95	25.605	25.707	25.472	27.059	27.125	26.95
Cu	0.974	0.941	0.919	0.843	0.835	0.84	0.953	0.918	0.939	0.92	0.883	0.921	0.953	0.918	0.939
Mn	36.792	36.577	36.602	40.148	36.503	36.437	36.796	37.015	36.364	36.863	36.62	36.754	36.796	37.015	36.364
Zn	11.999	11.738	11.566	11.633	11.225	11.289	12.315	11.737	11.939	12.542	12.512	12.602	12.315	11.737	11.939
20-40 cm															
Kil	7.837	7.814	7.850	9.455	7.909	7.812	7.664	7.663	7.641	7.708	7.703	7.707	7.664	7.663	7.641
Kum	8.479	8.496	8.566	10.426	8.667	8.536	8.593	8.591	8.593	8.117	8.117	8.118	8.593	8.591	8.593
Silt	4.101	4.090	4.110	4.685	4.114	4.097	4.099	4.104	4.089	4.041	4.037	4.056	4.099	4.104	4.089
N	0.058	0.059	0.06	0.069	0.06	0.059	0.059	0.059	0.059	0.056	0.056	0.056	0.059	0.059	0.059
Mg	688.449	700.133	713.532	805.057	716.328	708.356	695.305	694.994	695.554	667.073	666.935	667.124	695.305	694.994	695.554
CaCO ₃	6.477	6.425	6.454	7.113	6.397	6.377	6.479	6.49	6.458	6.374	6.375	6.372	6.479	6.49	6.458
Ca	1352.51	1362.34	1392.82	1730.64	1397.19	1376.59	1336.505	1336.32	1337.84	1322.78	1323.44	1323.22	1336.505	1336.32	1337.84
P	14.335	14.469	14.711	18.019	14.812	14.612	14.715	14.719	14.497	13.799	13.805	13.792	14.715	14.719	14.497
K	72.922	73.918	75.444	93.898	76.902	75.385	73.002	73.573	73.346	72.019	72.068	71.954	73.002	73.573	73.346
OM	1.018	1.047	1.081	1.328	1.095	1.068	1.017	1.019	1.023	0.987	0.988	0.989	1.017	1.019	1.023
Fe	19.416	19.601	19.983	24.882	20.111	19.753	19.767	19.826	19.775	18.581	18.565	18.535	19.767	19.826	19.775
Na	38.092	38.799	39.659	47.077	40.208	39.424	37.628	37.771	37.722	36.359	36.359	36.359	37.628	37.771	37.722
Cu	0.92	0.919	0.926	1.126	0.923	0.913	0.921	0.913	0.916	0.903	0.899	0.903	0.921	0.913	0.916
Mn	36.033	36.71	37.457	42.698	37.728	37.219	36.949	37.169	36.966	37.393	38.03	37.463	36.949	37.169	36.966
Zn	1.291	1.31	1.342	1.635	1.357	1.329	1.284	1.287	1.286	1.254	1.255	1.254	1.284	1.287	1.286

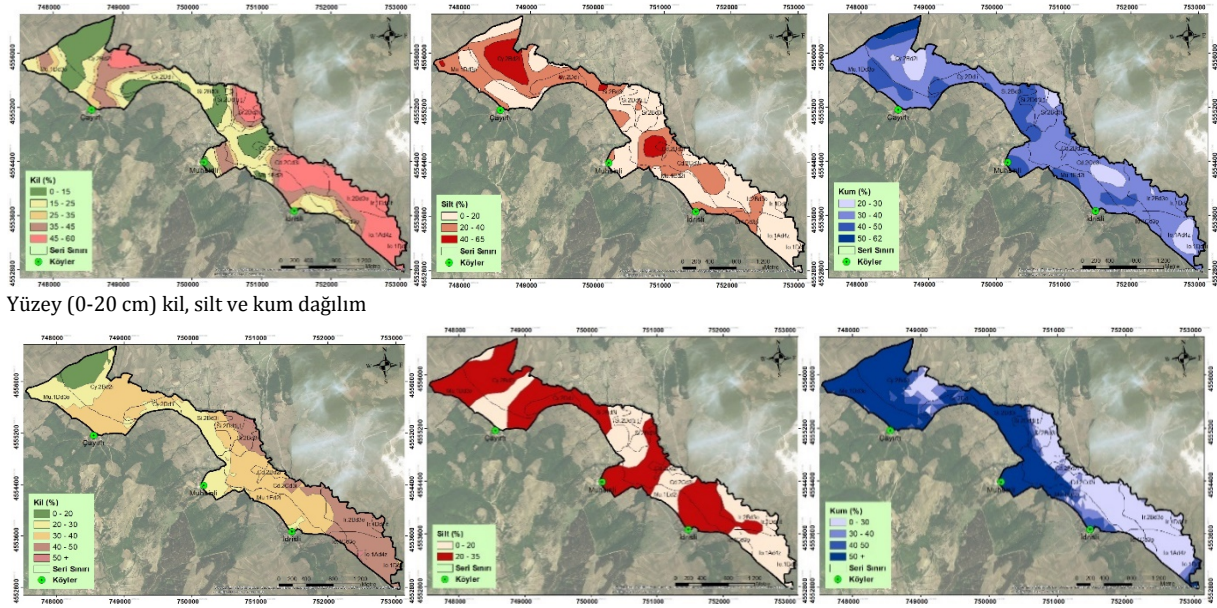
IDW: Inverse Distance Weighting, RBF: Radial Polynomial Interpolation, CRS: Completely Regularized Splines, TPS: Thin Plate Spline, SWT: Spline With Tension, G: Gaussian, Ü: Üstel (Exponential), K: Küresel (Spherical), OR: Doğal (ordinary), SM: Basit (Simple), UN: Universal (Everensel)

Haritadan görüleceği üzere güney doğu bölgeleri (İdrisli ve İdrisliönü serileri) ile iç kesimlere doğru (Sırıklı serisi ve Muhsinli serisinin bazı kısımları) yayılım göstermektedir. Yapılan bünye analizi sonucunda yüzey topraklarının kum miktarı %21.04-%62.31 arasında değişmektedir. Çalışma sahasında yer alan özellikle kuzey doğu kesimlerde dağılım gösteren yüzey toprak örnekleri suların ve yerçekimi etkileri ile taşınmış olan çakıllı alüvyal ve kolüvyal depozitler üzerinde gelişim kumlu killi tın, kumlu kil ve kumlu tın sınıflarında yer aldığı görülmektedir. Yüzey altı topraklarında kum miktarı Muhsinli serisinin tamamına yakını, Çayırılı serisinin batı kesimi hariç diğer bölgeleri, Sırıklı serisinin Muhsinli köyüne doğru uzanan hatta ki kısmında %40 ve

üzere kum bulunmakta diğer kesimlerde ise %30'un altında kum içeriği saptanmıştır. Çalışma alanının toprak reaksiyonu incelendiğinde, yüzey topraklarında pH değerleri, 5.15 ile 8.05 değerleri arasında değişmekte olup, ortalama 7.03'tür. Toprak örneklerin yaklaşık %66'sı nötr ve %21'i ise hafif alkalin olarak belirlenmiştir. Örneklerin çok az bir kısmı ise hafif asit reaksiyonlu olarak belirlenmiştir. Yüzey ve yüzey altı toprakların pH dağılım haritaları Şekil 6'da verilmiştir. Yüzey toprak örneklerinin pH dağılım deseni incelendiğinde özellikle Çayırılı serisine ait Cy.2Bd2i ile gösterilen harılama birimi ile Cevizlidere ve İdrisli serilerine ait Cd.2Bd2i ve Ir.2Bd3o harılama birimlerinde hafif asit reaksiyonlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal ve verimlilik parametrelerine ait dağılım oranları

Parametre	Sınıf	Tanımlama	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Ör. Sayısı	%	Ör. Sayısı	%
Bünye sınıfları (%)	>%50 C. SC. SiC		51	42.86	65	56.52
	CL. SCL. SiCL. <%50 C		64	53.78	47	40.87
	vfSL. L. SiL. Si		2	1.68	3	2.61
	SL. fSL		2	1.68	-	-
	S. LS		-	-	-	-
EC (dS m ⁻¹)	0-4	Tuzsuz	119	100	115	100
	4-8	Hafif tuzlu	-	-	-	-
	8-15	Orta derecede tuzlu	-	-	-	-
	>15	Çok fazla tuzlu	-	-	-	-
pH	<4.5	Kuvvetli asit	-	-	-	-
	4.5 – 5.5	Orta asit	-	-	-	-
	5.5 – 6.5	Hafif asit	16	13.45	2	1.74
	6.5 – 7.5	Nötr	80	67.23	63	54.78
	7.5 – 8.5	Hafif alkali	23	19.33	50	43.48
CaCO ₃	>8.5	Kuvvetli alkali	-	-	-	-
	0 – 1	Az kireçli	26	21.85	34	29.57
	1 – 5	Kireçli	62	52.10	50	43.48
	5 – 15	Orta kireçli	28	23.53	23	20
	15 – 25	Fazla kireçli	3	2.52	6	5.22
OM	> 25	Çok fazla kireçli	-	-	2	1.74
	<0.5	Çok az	1	0.84	1	0.87
	0.5-1.0	Az	19	15.97	10	8.70
	1.0-2.0	Orta	35	29.41	57	49.57
	2.0-3.0	İyi	43	36.13	30	26.09
>3.0	Yüksek	22	18.49	17	14.78	

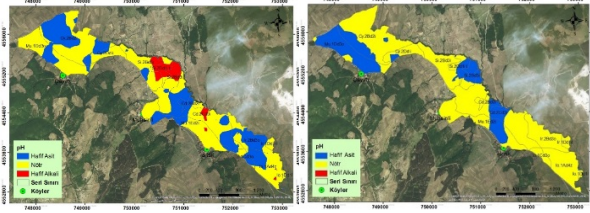


Şekil 5. Çalışma alanına ait bünye dağılım haritaları

Alanın büyük bir çoğunluğu ise toprak reaksiyonu yönünden nötr ve çok az bir kısmı ise alkalın özellik taşımaktadır. Yüzey altı topraklarının analiz sonuçları incelendiğinde pH değerleri 6.34 ile 8.03 arasında değişmekle beraber örneklerin %1.74'ü hafif asit, %54.78'i ise nötr özellik göstermektedir. Muhsinli serisine ait kuzey doğu kısmı tamamen,

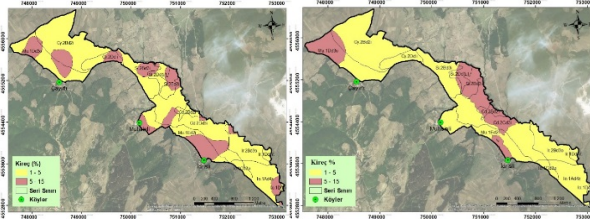
Cevizlidere serisinin orta kısmı, Sırlıklı serisinin Si.2Bd3i haritalama birimi hariç, genel olarak hafif alkali geri kalan kısımlar nötr olarak belirlenmiştir.

Çalışma sahasında yüzey topraklarındaki kireç dağılımı incelendiğinde, toprak örneklerinin yaklaşık %26'si az kireçli, %62'si orta kireçli, %28'ü oranında kireçli ve %3'ü ise fazla kireçli bulunmuştur.



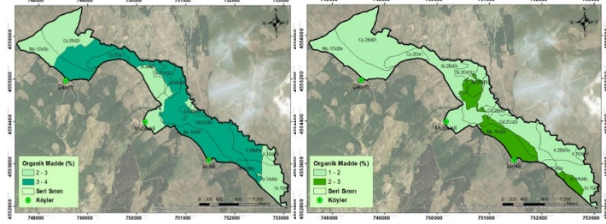
Şekil 6. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait pH dağılım haritaları

Alan içerisinde nispeten düz düze yakın ve hafif eğimi olan alanlarda kireç miktarı daha düşük bulunmuştur. Toprak serisi bazında kireç dağılımı incelendiğinde, alan içerisinde yüzey topraklarında en düşük kireç içeriği ile İdrisli serisi sonrasında ise İdrisliönü serisi, Sırıklı Serisi, Cevzlidere Serisi, Muhsinli Serisi ve Çayırli serisi olarak sıralanmaktadır. Yüzey altı topraklarda ise kireç özellikle orta ve kuzey doğuda Muhsinli serisine ait Mu.1Dd3o haritalama biriminde %15'lere varan kireç içeriği bulunurken, diğer lanlar %5'in altındadır. Yüzey ve yüzey altı toprakların kireç içeriklerine yönelik dağılım haritaları Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait kireç dağılım haritaları

Yüzey ve yüzey altı toprakların organik madde dağılımları Şekil 8 de verilmiştir. Yüzey toprak örneklerinin organik madde kapsamı %0.63 ile %5.93 arasında değişmektedir ve yaklaşık %65'i iyi ve yüksek düzeyde, geri kalan kısmının ise orta ve çok düşük arasında değişmektedir. Yüzey altı topraklarında ise ortalama olarak %2.07 olarak belirlenmiştir. Alanın kuzey doğu kesiminde bulunan Çayırli ve Muhsinli serilerinin çoğunda ve güneyde İdrisliönü serisinin orta ve doğu kesiminde orta seviyede bulunmuştur. Yüzey altı toprakların ise, %9.57'inde düşük ve çok düşük seviyelerde organik madde içerikleri bulunurken, yaklaşık yarısına yakınında ise orta düzeyde organik madde bulunmaktadır. Bu dağılım da özellikle Muhsinli serisine ait Mu.1ED2i haritalama birimine ait kesimin tamamına yakın kısmında ve Sırıklı serisinin orta bölgelerinde Organik Madde miktarı iyi seviyesinde bulunmuştur.

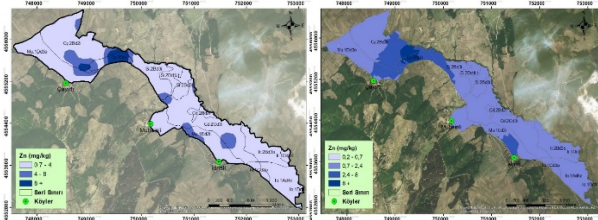


Şekil 8. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait organik madde dağılım haritaları

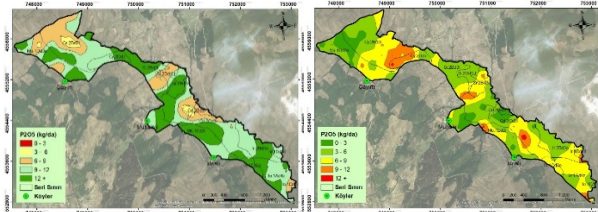
Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ait analiz sonuçları Çizelge 4' de verilmiştir. Çalışma alanında azot kapsamı bakımından yüzey ve yüzey altı örnekleri %0.17 ile %0.32 arasında fazla olarak nitelendirilen sınıf içerisinde yer aldığından, çalışma alanında azot eksikliği saptanmamıştır. Benzer durum makro besin elementlerinden magnezyum ile mikro besin elementlerinden demir, bakır ve mangan içinde geçerlidir. Buna karşılık çinko elementinin dağılımında ise yüzey toprak örneklerinde %2.5 gibi çok az bir kısmında çinko az düzeyde belirlenmişken, diğer kısmında çinko içerikleri yeterli düzeyde belirlenmiştir. Fakat yüzey altı toprak örneklerinin yaklaşık %17'lik gibi bir kısmı çinko elementi bakımından yetersiz düzeyde oldukları belirlenmiştir (Şekil 9). Toprakların makro elementlerinden olan fosfor içerikleri ise etkin madde olan P_2O_5 $kg.da^{-1}$ incelendiğinde (Şekil 10), yüzey topraklarının yaklaşık %22'de az ve çok az olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar diğer topraklarda da yüksek ve çok yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiş olsa da fosforun toprakların özellikle kil kapsamı ve çeşidi ile kireç miktarından önemli ölçüde etkilenmekle beraber azotun nitrat formu gibi hareketli olmayıp, toprak içerisinde immobildir. Çalışma alanında yoğun olarak tarımsal üretim olarak kuruda tahıl olarak buğday yetiştirilmektedir. Karadeniz Bölgesinde buğday bitkisi için verilmesi gereken P_2O_5 $kg.da^{-1}$ miktarı Güçdemir (2006)'a göre çok az ile az olan alanlara 7-10 $kg P_2O_5 kg.da^{-1}$, orta olan alanlara ise yaklaşık 3 $kg P_2O_5 kg.da^{-1}$ fosfor önerilmektedir. Toprakların ağır ve kimi yerlerde kireç içeriklerinin yüksek olması nedeniyle bu oranların biraz üzerinde gübre uygulaması yapılabilir. Fosforun toprağa verilmesinde özellikle hareketsiz (immobil) element olması nedeniyle de bitki köklerinin fosfordan kolayca yararlanabilmesi için sürüm derinliğine verilmesi uygun olur. Yüzey topraklarında değişebilir potasyum içeriğinin yaklaşık %38'i çok düşük ve düşük düzeylerde iken, geri kalan kısım yeterli ve yüksek düzeydedir.

Çizelge 4. Yüze ve yüze altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ait dağılım oranları

Toplam N (%)	<0.045	Çok az	-	-	-	-
	0.045-0.090	Az	-	-	2	1.74
	0.090-0.170	Yeterli	17	14.29	44	38.26
	0.170-0.320	Fazla	89	74.79	68	59.13
Alınabilir Fosfor (P_2O_5 kg da ⁻¹)	>0.320	Çok fazla	13	10.92	1	0.87
	0-3	Çok az	13	10.92	26	22.61
	3-6	Az	12	10.08	22	19.13
	6-9	Orta	26	21.85	33	28.70
	9-12	Yüksek	23	19.33	13	11.30
Alınabilir potasyum (K_2O kg da ⁻¹)	>12	Çok yüksek	46	38.66	21	18.26
	0-20	Az	5	4.20	3	2.61
	20-30	Orta	8	6.72	23	20.00
	30-40	Yeterli	22	18.49	27	23.48
Ekstrakte edilebilir K ($mg\ kg^{-1}$)	40+	Yüksek	84	70.59	88	76.52
	<100	Çok düşük	15	12.61	27	23.48
	100-150	Düşük	30	25.21	34	29.57
	150-200	Orta	22	18.49	26	22.61
Ekstrakte edilebilir Mg ($mg\ kg^{-1}$)	200-250	İyi	33	27.73	18	15.65
	250-320	Yüksek	19	15.97	10	8.70
	<54	Fakir	3	2.52	7	6.09
	54-115	Orta	4	3.36	3	2.61
Ekstrakte edilebilir Fe ($mg\ kg^{-1}$)	115>	İyi	112	94.12	105	91.3
	<2.5	Noksan (az)	-	-	-	-
	2.5-4.5	Noksanlı gösterebilir (orta)	-	-	-	-
Ekstrakte edilebilir Cu ($mg\ kg^{-1}$)	>4.5	İyi (yüksek)	119	100	114	100
	<0.2	Yetersiz	-	-	-	-
Ekstrakte edilebilir Zn ($mg\ kg^{-1}$)	>0.2	Yeterli	119	100	114	100
	<0.2	Çok az	-	-	-	-
	0.2-0.7	Az	3	2.52	19	16.67
	0.7-2.4	Yeter	74	62.18	82	71.93
	2.4-8.0	Fazla	31	26.05	12	10.53
Ekstrakte edilebilir Mn ($mg\ kg^{-1}$)	>8.0	Çok fazla	11	9.24	1	0.88
	<4	Çok az	-	-	-	-
	4-14	Az	3	2.52	12	10.53
	14-50	Yeter	66	55.46	66	57.89
Ekstrakte edilebilir Mn ($mg\ kg^{-1}$)	50-170	Fazla	49	41.18	32	28.07
	>170	Çok fazla	1	0.84	4	3.51

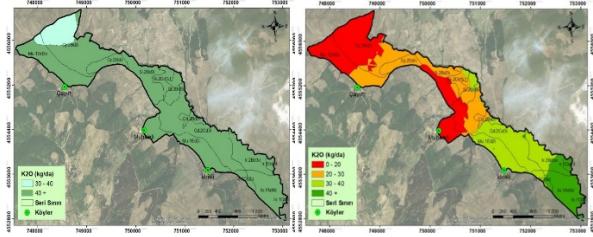


Şekil 9. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait çinko dağılım haritaları

Şekil 10. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait P_2O_5 dağılım haritaları

Yüze altı toprak örneklerinin ise yaklaşık yarısı potasyumca düşük ve çok düşük iken, toprak örneklerin yaklaşık %24'ü iyi ve yüksek seviyede.

Potasyumun etkin maddesi olan K_2O yönünden yüze ve yüze altı dağılım haritaları Şekil 11' de verilmiştir. Karadeniz Bölgesinde buğday bitkisi için verilmesi gereken K_2O kg.da⁻¹ miktarı Güçdemir (2006)'a göre, az 12-15 kg ve orta düzeyde potasyum içeren topraklara 6 ile 9 kg arasında K_2O kg.da⁻¹ verilmesi önerilir. Ağır killi topraklarda potasyum fiksasyonu nedeniyle bitkilerin.

Şekil 11. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait K_2O dağılım haritaları

Sonuç

Sürdürülebilir tarımsal üretim ancak tarımsal girdilerin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Bu tarımsal girdilerin en

önemlisi olan toprak, her bir üretim dönemi aralığında yani ekimden başlayıp hasada kadar süren zaman zarfında bozulmaya uğramaktadır. En iyi toprak-bitki ve arazi yönetimlerinin seçimiyle tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması ile birlikte toprakların birçok özelliğinin iyileştirilmesine olanak vermek mümkündür. Bu nedenle tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımlarını sağlayacak planlama stratejilerinin geliştirilmesi ve çevre ile ilgili konulardaki modellemelerin yapılabilmesi için toprak, fizyografya, iklim, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi temel bilgilerin yer alacağı detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmalarına ve süreç içerisinde izleme, değerlendirme ve güncellemeye imkan veren bir toprak veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışma alanında hem yüzey hem de yüzey altı topraklarının yarısından fazlası ağır killi bünye sınıfında tespit edilmiştir (İdrisliönü, İdrisli, ve Cevizlidere seri toprakları gibi). Bu durum tarımsal açıdan havalanma, drenaj, geç tava gelme gibi bazı olumsuzluğa sebep olmaktadır. Çalışma alanının %41 orana sahip kısmı için eğim herhangi bir sıkıntı yaratmamaktadır. Çalışma sahasındaki %37.2 oranında (%6-12 eğim sınıfı) bir alanda uygun sürüm teknikleri ve ürün deseni kullanılmak sureti ile tarımsal üretim yapılabilir. Ancak geriye kalan %12 ve üzeri dik araziler için sınırlı tarımsal üretim yapılabilir. Bu alanların daha çok mera yahut ormanlık alan olarak kullanılması gerekmektedir. Çok sığ ve sığ derinliğe sahip topraklar özellikle eğimin fazla olduğu ve tarımsal faaliyetler için kullanılan alanlardır. Bu alanlarda toprakların yerinde kalmalarını sağlayabilmek amacıyla tarımsal faaliyetlerin yapılmasında özellikle toprak muhafaza tedbirlerinin (eğime dik sürüm vb.) alınması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenen PYO.ZRT.1904.17.048 no'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Adiloğlu, A. ve Adiloğlu, S., 2004. An investigation on nutritional problems of hazelnut (*Corylus avellana*) grown in acid soils of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8): 1433-1437.
- Anonymous., 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO, Soils Bulletin by Mikko Sillanpaa, Rome.

- Anonymous., 1992. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. Washington D.C. USA. Soil Survey Staff.
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., Atikmen, Çiçek N., 2018. Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2): 28-37.
- 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.
- Ateş, K. ve Turan, V., 2015. Some soil characteristics and the fertility status of agricultural soils in Bingöl central district. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2): 108-113.
- Aydın, A., 2018. Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin CBS Yardımıyla Toprak Veri Tabanı Oluşturulması. Yüksek Lisans Tez Çalışması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri, Samsun.
- Blake, G.R. ve Hartge, K.H., 1986. Bulk Density and particle density. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods (methods of soil an. 1)*, 363-375 pp.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1. *Agronomy journal*, 54(5): 464-465.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen—Total. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methods of soil an. 2)*, 595-624 pp.
- Çakıcı, H., Çiçekli, M., ve Arslan, H., 2012. Bağyurdu-izmir yöresi kiraz plantasyonlarının beslenme durumu. *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 49(1): 7-15.
- 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.
- Çimrin, K. M. ve Boysan, S., 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Derg.*, 16(2): 105-111.
- Çullu, M. A., 2012. Toprak etüt haritalama ve toprak yönetimi gerekliliği. Editör'den: 23.
- Ersoy, A., Yünsel, T., 2008. Assessment of lignite quality variables: a practical approach with sequential Gaussian simulation. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 31(2): 175-190.
- Feizizadeh, B. ve Blaschke, T., 2013. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria

- evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Manage*, 56(1): 1-23.
- Güçdemir, İ., 2006. Türkiye Gübreler ve Gübreleme Rehberi. TC TBK TAGEM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:231, Ankara.
- Hagedorn, F., Mulder, J., Jandl, R., 2010. Mountain soils under a changing climate and land-use. *Biogeochemistry*, 97(1): 1-5.
- Heuvelink, G. B., 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment 32-47pp.
- Jackson, M. L., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Inc.; Englewood Cliffs.
- Keskin, H. ve Grunwald, S. 2018. Regression kriging as a workhorse in the digital soil mapper's toolbox. *Geoderma*, 326: 22-41.
- Kirişçi, V., Keskin, M., Say, S., Keskin, S., 1999. Hassas uygulamalı tarım teknolojisi. Nobel Yay., 88: 186.
- Klute, A. ve Dirksen, C., 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of Soil Analysis*, 687-734 pp.
- Lindsay, W. ve Norvel, W., 1978. Development of a DTPA as a soil response investigation of Mn²⁺ complexation in natural and synthetic organics. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 1137-1143.
- Loue, A. 1968. Diagnostic petiolière de prospection. *Etudes Sur la Nutrition et la Fertilisation Potassiques de la Vigbe Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques*: 31-41 pp.
- Luo, H. ve He, X., 2011. An improved inverse distance weighted interpolation method for InSAR tropospheric delay error corrections. *International Conference on Information Science and Technology, IEEE*, 480-482 pp.
- Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., Feyen, J., 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3): 167.
- Mapedza, E., Wright, J., Fawcett, R., 2003. An investigation of land cover change in Mafungautsi Forest, Zimbabwe, using GIS and participatory mapping. *Applied Geography*, 23(1): 1-21.
- Nelson, D. ve Sommers, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter 1. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methods of soil an. 2)*, 539-579 pp.
- Olsen, S.R., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture; Washington*.
- 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.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., Sağlam, M., Erkoçak, A., Türkmen, F., 2017. Mapping and assessment-based modeling of soil fertility differences in the central and eastern parts of the Black Sea region using GIS and geostatistical approaches. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(45):2-9.
- Rhoades, J., 1982. Cation Exchange Capacity 1. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (methods of soil an.2)*, 149-157 pp.
- Sağlam, M., 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14.
- Sharma, P., Sood, A., Setia, R., Tur, N., Mehra, D., Singh, H., 2008. Mapping of macronutrients in soils of Amritsar district (Punjab) A GIS approach. *J. Indian Soc. Soil Sci*, 56(1): 34-41.
- Tarakçıoğlu, C., Yalçın, S., Bayrak, A., Küçük, M. ve Karabacak, H., 2003. Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin (*Corylus avellana* L.) beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(1): 13-22.
- Taşan, M., Demir, Y., 2017. Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri*, 32(1): 64.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1): 55-94.
- Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ. 2018. Samsun İlinin Newhall Modeline Göre Toprak Sıcaklık ve Nem Rejimlerinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2): 131-142.
- Tümsavaş, Z. ve Aksoy, E., 2008. Kahverengi Orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniv Ziraat Fak Der*, 22(1): 43-54.
- Ülgen, A. N., Yurtsever, N., 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. *Tarım Orman ve Köyleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*.
- Wilding, L., 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. *Soil spatial variability. Workshop*, 166-194pp.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H., 1999. İstatistiğe giriş. *Aktif Yayınevi, Erzurum*, 359pp.