

## Bingöl Ovası Tarım Topraklarının Verimlilik Düzeyi ile Bazı Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi ve Haritalanması\*

### Determination and Mapping of Fertility Level and Some Heavy Metal Contents of Agricultural Soils in Bingöl Plain

 Rıdvan TAŞ<sup>1</sup>,  Yasin DEMİR<sup>2\*</sup>

#### Özet

Bingöl sahip olduğu engebeli coğrafik yapısı nedeniyle sınırlı bir tarım alanına sahiptir. Bu nedenle tarımsal alanlar giderek önemini arttırmaktadır. Sanayileşme, yoğun tarım uygulamaları ve trafik yoğunluğu nedeniyle bu alanlarda topraklarda bozunmalar ve ağır metal birikimi olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı tarımsal faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Bingöl Ovasının bir kısmında toprakların ağır element içeriğini belirlemektir. Bu doğrultuda çalışma alanı olarak belirlenen alandan 34 adet grid yöntemine göre toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde genel toprak özellikleri ile birlikte, krom (Cr), bakır (Cu), mangan (Mn), bakır (Cu), demir (Fe), kadmiyum (Cd), demir (Fe), kurşun (Pb), nikel (Ni) ve çinko (Zn) ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar standart değerler göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dağılım haritaları oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre araştırma alanı toprakları killi tın bünyeye sahip, nötr reaksiyonlu, tuzsuz ve düşük organik madde içeriğine sahiptir. Topraklar genel olarak azot, fosfor ve potasyum içerikleri bakımından sırasıyla orta, düşük ve yeterli seviyede bulunmuştur. Çalışma alanı topraklarında toplam ağır metal içeriklerine göre sadece %23.6'sının Mangan içeriği sınır değerler üzerindedir. Diğer bütün ağır elementler sınır değerler altında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, Toprak kirliliği, Toprak verimliliği, Bingöl Ovası

#### Abstract

Bingöl has a limited agricultural area due to its rugged geographical structure. For this reason, agricultural areas are gradually increasing their importance. Due to industrialization, intensive agricultural practices and traffic density, soil degradation and heavy metal accumulation may occur in these areas. The aim of this study is to determine the heavy element content of the soils in a part of the Bingöl Plain, where agricultural activities are intense. In this direction, 34 soil samples were taken from the area determined as the study area according to the grid method. In soil samples, together with general soil properties, chromium (Cr), copper (Cu), manganese (Mn), copper (Cu), iron (Fe), cadmium (Cd), iron (Fe), lead (Pb), nickel (Ni), and zinc (Zn) heavy metal contents were determined. The obtained results were evaluated by considering the standard values. Distribution maps were created according to the results obtained. According to the results of the analysis, the soils of the research area have clay loam texture, neutral reaction, salt-free and low organic matter content. Soils are generally medium, low and sufficient in terms of nitrogen, phosphorus and potassium contents, respectively. Manganese content of only 23.6% of the total heavy metal contents in the soils of the study area is above the limit values. All other heavy elements were found below the limit values.

**Keywords:** Heavy metal, Soil pollution, Soil fertility, Bingöl Plain

Geliş Tarihi: 16.08.2022, Düzeltme Tarihi: 16.09.2022, Kabul Tarihi: 26.12.2022

Adres: <sup>1</sup>Solhan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bingöl, TÜRKİYE

Adres: <sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE

E-mail: ydemir@bingol.edu.tr.

\*Bu Çalışma, Rıdvan TAŞ'ın Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda yapmış olduğu Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

## 1. Giriş

Tarım insanların gıda gereksinimlerinin karşılanması bakımından ve ülkelerin ekonomik statülerini daha da iyileştirmek için stratejik bir öneme sahip sektördür. Nüfus artışı, ekonomik krizler ve olumsuz meteorolojik koşullar nedeniyle tarım sektörü her geçen gün önemini arttırmaktadır. Ülkeler bir yandan sanayileşme ile ekonomik güçlerini geliştirirken diğer yandan tarımsal yatırım ve üretim yaparak dışa bağımlılığını azaltmak zorundadır. Ancak artan dünya nüfusu, insanların gıda tüketiminin hızla arttırmasına neden olmaktadır. Ekilebilir alanların azalması nedeniyle gıda ihtiyacının arttığını ve dolayısıyla tarımsal üretimin önem kazandığı bu dönemde, birim alandan daha fazla verim alabilmesi için zirai ilaç ve kimyasal gübre kullanımı artmıştır. Kullanılması gereken kimyasal gübreler ve zirai ilaçlar, yanlış ve bilinçsiz kullanıldığı takdirde toprakta ve ürünlerde zararlı maddelerin birikmesine neden olabilmektedir (Yang ve ark., 2006; Upadhyay ve ark., 2020).

Son yıllarda hızla artan sanayileşme ve şehirleşmenin bir yansıması olarak, aşırı fosil yakıt kullanımı, egzoz gazları, madensel yeraltı yataklarının işletilmesi, kanalizasyon sularının ve arıtma çamurları tarımsal amaçlı kullanımı, tarımsal girdiler büyük ölçüde artmıştır. Bunun sonucunda hava, toprak, su kaynakları üzerinde olumsuz etkilere neden olan ve insan ve bitki sağlığını tehdit eden ağır metal kirliliğine sebep olmaktadır. Fiziksel açıdan ağır tanımı, 5 g/cm<sup>3</sup>'ten büyük özgül ağırlığa ve 20'den büyük atom numarasına sahip metaller için kullanılmaktadır. Biyolojik olarak ise ağır metal tanımı, çevre üzerinde kirlilik yaratan ve zehir etkisi fazla olan kirleticilere denir (Duffus, 2002). Toprağa bulaşan ağır metaller bitkisel gıdalar ile insan vücuduna girebilmekte ve bitkiler hayvanlara yem olarak verildiğinde hayvanların et ve sütünde birikerek besin zincirinden insanlara geçebilmektedir. Bu maddelerin bir kısmı yüksek dozlarda vücutta toksik etki oluşturabilirken, bir kısmı ise eser düzeyde alınmaları halinde bile biyokimyasal birikim nedeniyle olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Çobanoğlu ve ark., 1997). Günümüzde hızla gelişen sanayileşme ve trafik kaynaklı kirlilik nedeniyle toprakta ağır metal kirliliği artmış ve birçok sorun ortaya çıkmıştır. Toprak kirliliğinin ana nedeni beşeri kaynaklı kirliliktir. Bunların başında aşırı kimyasal gübreleme, pestisit kullanımı, tarımsal alanlarda kanalizasyon ve kontrolsüz arıtma çamuru kullanımı ve endüstriyel ve evsel, tıbbi ve nükleer atıkların toprağa salınması yer almaktadır. Bitki bünyesine alınan/bulunan ağır metaller bitki besin maddesi olarak bitki tarafından kullanılsın veya kullanılsın, ağır metallerin bitki dokularında birikmesi bitkilerin vejetatif ve generatif gelişimi olumsuz etkiler (Gür ve ark., 2004; Demir, 2021). Bitkilerde ağır metal birikimi ürün miktarı ve verimi üzerine de negatif etkide bulunur (Long ve ark., 2002). Toprakta ağır metal birikmesi nedeniyle bitkiler

ihtiyaç duydukları besin maddelerini alamazlar. Ağır metallere maruz kalan bitkiler daha kısa kök ve gövde uzunluklarına, daha az yaprak sayısı ve temel besin eksikliğinden dolayı daha küçük yaprak alanına sahiptir. Ağır metaller toprak biyolojik aktivitesini olumsuz yönde etkileyerek toprak verimliliğini azaltırlar. Bitkide protein sentezi, DNA, RNA, kök-su ilişkisi, çimlenme, gelişme ve fotosentezin olumsuz etkileri olan ağır metaller toprakta, bitkide ve suda kompleks yapılar oluşturularak doku ve organlara zarar verebilmektedir. Bununla birlikte tuzluluk, ağır metal birikimi ve erozyon gibi toprakların verim ve üretkenliğini azaltan faktörler ciddi birer tehdit haline gelmeden topraklar detaylı olarak etüd edilmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır (Demir, 2020). Bu tedbirlerin başında şüphesiz sahip olduğumuz tarım arazilerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin mevcut durumlarını belirlemek gelmektedir. Toprakta oluşan kirliliği azaltmak bitki ve insan sağlığı için de son derece önemlidir.

Bingöl sahip olduğu engebeli coğrafik yapısı nedeniyle sınırlı bir tarım alanına sahiptir. Bu nedenle tarımsal alanlar giderek önemini arttırmaktadır. Sanayileşme, yoğun tarım uygulamaları ve trafik yoğunluğu nedeniyle bu alanlarda topraklarda bozunumalar ve ağır metal birikimi olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı tarımsal faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Bingöl Ovasının bir kısmında toprakların ağır metal element içeriğini belirlemek ve elde edilen sonuçlara göre dağılım haritalarını oluşturmaktır. Bu doğrultuda çalışma alanı olarak belirlenen alandan alınan toprak örneklerinde genel toprak özellikleri ile birlikte, krom (Cr), bakır (Cu), mangan (Mn), bakır (Cu), demir (Fe), kadmiyum (Cd), demir (Fe), kurşun (Pb), nikel (Ni), ve çinko (Zn) ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar standart değerler göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

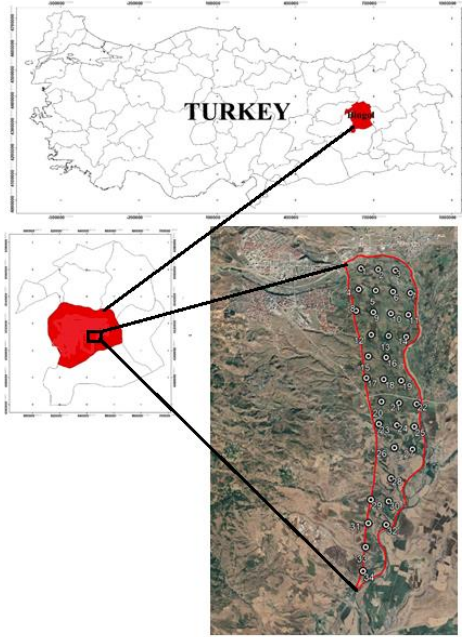
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Bingöl ili merkez sınırları içerisinde bulunan Bingöl Ovasının kuzey bölgesinde yürütülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer alan Bingöl Ovası Paleozoik'ten günümüze kadar geçen süre içerisinde farklı yaş ve özelliklerde oluşmuş metamorfik, magmatik ve tortul kayalar bulunmaktadır. Çalışma alanı Şehir merkezinin güneyinde Çevre yolu ile Göynük çayı arasında kalan 1952 ha'lık tarım alanlarını kapsamaktadır (Şekil 1). Coğrafi olarak 38.90°-38.79° kuzey enlemleri ile 40.54° – 40.56° güney boylamları arasında bulunmaktadır. Genellikle sulu tarımın yapıldığı çalışma alanında sebze ve tahıl üretimi yapılmaktadır. Alüvyal ana materyalin hâkim olduğu çalışma alanında

topraklar genellikle ağır bünyeli yapıdadır (Demir ve Canbolat, 2018). Yapılan çalışmalarda topraklarda herhangi bir kirlilik problemi tespit edilmemiştir (Demir ve ark., 2016).



**Şekil 1.** Çalışma alanı lokasyon haritası

Araştırma alanı olarak seçilen bölgenin kuzeyinde aile tipi işletmeler (ahır, ağıl, açık otlatma sahası vb.) yer almaktadır. Orta kısımda daha çok sebze tarımı ve yem bitkisi (yonca, silajlık mısır, fiğ vb.) yapıldığı araziler hakimdir. Çalışma sahasının güney bölgesinde ise (20 nolu toprak örnekleme noktasının güneyinde kalan alanlar), tahıl tarımı alanları daha fazla bulunmaktadır. Bingöl ilinde Doğu Anadolu Bölgesi karasal iklim koşulları hâkimdir. Çok yıllık meteorolojik verilere göre, yıllık ortalama sıcaklık 12.2 °C, ortalama gerçekleşen toplam yağış 944.6 mm, karlı gün sayısı 117 ve karla kaplı gün sayısı ise 76'dır (MGM, 2022). Yağışların büyük bir kısmı Aralık-Nisan ayları arasında gerçekleşmektedir. Demir ve ark. (2015)'e göre çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi mesic, toprak nem rejimi ise xeric olup yaz mevsiminde su noksanlığı, kış mevsiminde orta derecede su fazlalığının olduğu görülmektedir.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Çalışma alanından grid örnekleme yöntemine göre (750 m x 750 m) 0-30 cm derinliğinden bozulmuş toprak örnekleme yapılmıştır. Bu doğrultuda çalışma alanından 34 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Araştırma alanından alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamına taşınarak kurutma, öğütme ve eleme işlemlerinden sonra analize hazır hale getirilmiştir.

### 3.2.2. Toprak Analiz Yöntemleri

Toprak tekstürü, Bouyoucus (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu (pH), Jackson (1962) tarafından bildirilen 1:2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC), Saturasyon çamurunda EC metre ile elektriksel iletkenlik (EC) değeri ölçülmüştür (Richards, 1954). Kireç, toprak örneklerinin kireç içerikleri, Scheibler kalsimetresiyle CaCO<sub>3</sub>'ün hidroklorik asitle nötralizasyonundan açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazının hacminin ölçülmesiyle belirlenmiştir (Aydın ve Sezen, 1995). Organik madde (OM), Modifiye edilmiş Walkley Black yöntemine göre belirlenmiştir (Walkley, 1947). Toplam azot (TN), Dumas yöntemine göre toprakların yüksek sıcaklık altında yakılarak protein miktarının belirlenmesi ile tespit edilmiştir (Bucke, 1994; Anonim, 2021). Yarayırlı fosfor (P), Toprakların yarayırlı fosfor içerikleri sodyum bikarbonat yöntemine göre yapılmıştır (Olsen ve ark., 1954). Değişebilir potasyum (DK), Amonyum asetat yöntemine göre yapılmıştır (Knudsen ve ark., 1982). Hidroklorikasit (HCl) ve nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) karışımı (3:1) ile yakılan toprakların ağır metal (As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri ICP-MS cihazında belirlenmiştir (Kaçar, 2010). Elde edilen analiz sonuçları Çizelge 1'de verilen sınır değerler kullanılarak değerlendirilmiştir.

**Çizelge 1.** Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan referans değerler

Toprak Özellikleri	Sınır Değer	Sınıf	Referans
pH	<4.5	Kuvvetli asit	Ditzler ve ark. 2017; Richards 1954; Ülgen ve Yurtsever 1995
	4.5 – 5.5	Orta asit	
	5.5 – 6.5	Hafif asit	
	6.5 – 7.5	Nötr	
	7.5 – 8.5	Hafif alkalın	
	>8.5	Kuvvetli alkalın	
EC (µS/cm)	0<2000	Tuzsuz	Ditzler ve ark., 2017
	2000<4000	Hafif Tuzlu	
	4000<8000	Orta Tuzlu	
	8000<16000	Çok Tuzlu	
	>16000	Çok Fazla Tuzlu	
CaCO <sub>3</sub> (%)	<1	Az kireçli	Sezen ve Aydın, 1995
	1-5	Kireçli	
	5-15	Orta kireçli	
	15-25	Fazla kireçli	
	>25	Çok fazla kireçli	
OM (%)	<1	Çok az	Ülgen ve Yurtsever 1995
	1.1-2	Az	
	2.1-3	Orta	
	3.1-4	Yüksek	
	4.1	Çok Yüksek	
TN (%)	<0.05	Çok düşük	Bruce ve Rayment, 1982
	0.051-0.15	Düşük	
	0.151-0.25	Orta	
	0.251-0.500	Yüksek	
	>0.501	Çok yüksek	
YP (mg kg <sup>-1</sup> )	<2.5	Çok düşük	Tovep, 1991
	2.5-8	Düşük	
	8-25	Yeterli	
	25-80	Yüksek	
	>80	Çok Yüksek	

Toprak Özellikleri	Sınır Değer	Sınıf	Referans
DK (mg kg <sup>-1</sup> )	<50	Çok az	Lindsay, 1974
	50-140	Az	
	140-370	Yeterli	
	370-1000	Fazla	
	>1000	Çok fazla	
As (mg kg <sup>-1</sup> )	<4.5	Uygun	Alloway, 1990; Chiroma, ve ark., 2014; Štofejšová ve ark. 2021
	4.5<	Fazla	
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	<0.8	Uygun	
	0.8<	Fazla	
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	<100	Uygun	
	100<	Fazla	
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	<40	Uygun	
	40<	Fazla	
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	<36	Uygun	
	36<	Fazla	
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	<50 000	Uygun	
	50 000<	Fazla	
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	<80	Uygun	
	80<	Fazla	
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	<35	Uygun	
	35<	Fazla	
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	<85	Uygun	
	85<	Fazla	
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	<150	Uygun	
	150<	Fazla	

### 3.2.3. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışma sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS 18.0 istatistik programı kullanılmıştır. Çalışmada toprak analiz sonuçlarına ait ortalama (mean), standart sapma (STD), en çok (max), en az (min), değişkenlik katsayısı (Cv) değerleri belirlenmiştir. Çalışmada toprak özelliklerine ilişkin elde edilen değişkenlik katsayıları, Mallants ve ark. (1996) tarafından belirlenen değişkenlik katsayısını sınıflandırmasına (Çizelge 2) göre değerlendirilmiştir.

### Çizelge 2. Toprak parametreleri değişkenlik katsayısını sınıflandırması

Değişkenlik katsayısı	Sınıf
<% 15	Düşük
% 15-% 35	Orta
>% 35	Yüksek

### 3.2.4. Analiz Sonuçlarının Haritalanması

Çalışma alanında toprak örneklerine ilişkin analiz sonuçları ArcMAP 10.6 paket programı kullanılarak kriging metoduna göre haritalanmıştır (Oliver ve Webster, 1990). Böylece her bir toprak parametre için dağılım haritası oluşturulmuştur.

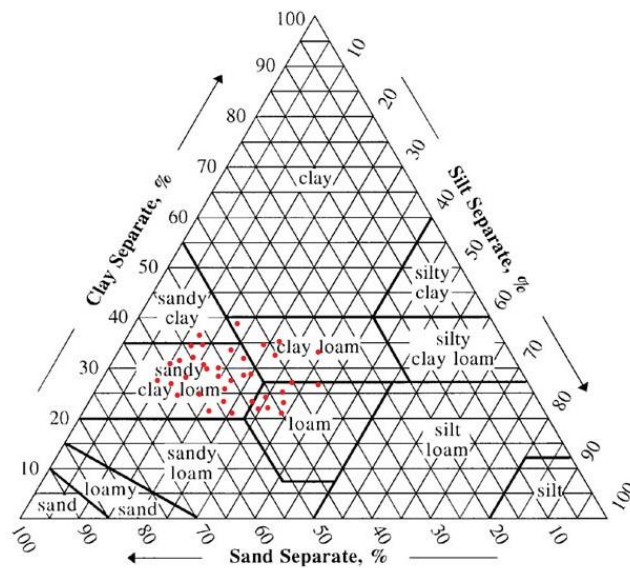
## 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanından örneklenen toprak numunelerinin analiz sonucu değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Araştırma konusu toprakların, kum içeriği %34-%62, silt içeriği %12-%40 ve kil içeriği %20-%36 arasındadır (Çizelge 3).

Toprak örneklerinden biri kumlu kil (SC), beş tanesi killi tın (CL), dokuz tanesi tın (L) diğerleri ise kumlu killi tın (SCL) tekstür sınıfında yer almıştır (Şekil 2). Toprakların kil, silt ve kum fraksiyonlarının değişkenlik düzeyleri incelendiğinde sırasıyla %16.08, %33.68 ve %14.93 olarak bulunmuştur. Buna göre araştırma alanı topraklarının kum fraksiyonu için değişkenlik katsayısı “düşük”, kil ve silt fraksiyonları için “yüksek”tir.

**Çizelge 3.** Araştırma alanı topraklarının tekstür analizine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel değerler

Parametreler	Örnek Sayısı	Ort.	Max	Min	STD	%CV
Kil (%)	34	27.70	36.00	20.00	4.45	16.08
Silt (%)	34	22.52	40.00	12.00	7.58	33.68
Kum (%)	34	49.47	62.00	34.00	7.39	14.93
pH	34	6.82	8.1	5.58	0.64	9.45
EC(uS/cm)	34	325.73	598.00	151.00	109.65	33.66
Kireç (%)	34	4.26	10.74	0.73	2.16	50.73
OM (%)	34	1.72	2.78	1.24	0.42	24.53
TN (%)	34	0.17	0.37	0.01	0.12	72.68
YP (mg kg <sup>-1</sup> )	34	3.76	5.76	2.88	0.81	21.40
DK (mg kg <sup>-1</sup> )	34	208.4	410.05	67.00	77.3	37.10
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	34	74.94	99.35	52.14	11.10	14.81
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	34	2.75	14.68	0.94	2.26	82.21
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	34	1.93	5.30	0.88	0.83	42.81
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	34	4396.92	39214.40	2042.45	6219.23	141.81
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	34	4.17	8.84	0.71	2.13	51.10
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	34	1.31	9.00	0.18	1.64	124.25
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	34	7.22	14.95	2.47	4.28	59.38
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	34	1.79	2.47	0.96	0.44	24.39
As (mg kg <sup>-1</sup> )	34	0.38	1.22	0.21	0.17	45.39
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	34	-	-	-	-	-



**Şekil 2.** Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstür üçgeni üzerindeki konumları

Çalışma alanı topraklarının pH değerlerinin 5.58 ile 8.10 sınırlarında değişiklik göstermiştir. Söz konusu toprakların ortalama pH 'sı 6.82 ve nötr sınıftadır. Analiz sonuçlarına göre çalışma alanı topraklarının %26.5'ü hafif asitli, %58.8'i nötr ve %14.7'si ise hafif alkalın olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında toprakların pH için değişkenlik düzeyi (%CV) %9.45 ile "düşük" olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı toprakları EC değerleri 151 ile 598  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında ortalamasının ise 325.73  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olduğu belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre çalışma alanı topraklarının hepsi tuzsuz olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla beraber EC değerleri, örnekleme noktaları arasında "orta" düzeyde değişkenlik göstermiştir ( $C_v = \%33.66$ ).

Toprak örneklerinin kireç kapsamı % 0.73-10.74 arasında değişmekte olup ortalama %4.26 olarak belirlenmiştir. Aydın ve Sezen (1995) tarafından rapor edilen sınır değerlerine göre toprakların %14.7'si az kireçli, % 61.7'si kireçli, % 23.6'sı ise orta kireçli olarak belirlenmiştir. Bununla beraber toprakların kireç içerikleri, örnekleme noktaları arasında "yüksek" düzeyde değişkenlik göstermiştir ( $C_v = \%50.73$ ). Çalışma alanı topraklarının organik madde kapsamı %1.24 ile %2.78 arasında değişmekte olup ortalama %1.72 olarak belirlenmiştir. Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından belirtilen sınır değerler göz önüne alındığında toprakların %76.4'ünde organik madde düzeyi az, % 23.6'sında ise orta düzeyde olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında toprakların OM için değişkenlik düzeyi (%  $C_v$ ) %24.53 ile "orta" olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının toplam azot (TN) kapsamı % 0.01 ile % 0.37 arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama TN içeriği % 0.17 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının %32.4'nün TN içeriği çok düşük, %8.8'nin düşük, %29.4'nün orta düzeyde ve geri kalan %29.4'nünde ise yüksek düzeydedir. Toprakların toplam N içeriği için değişkenlik düzeyi (%  $C_v$ ) % 72.68 ile "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Topraklarının yarıyıllık fosfor (YP) içeriği 2.88  $\text{mg kg}^{-1}$  ile 5.76  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Söz konusu yapılan analiz sonucu alanda bulunan toprakların ortalama P içeriği ise 3.76  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Elde edilen verilere göre çalışma alanı topraklarının tamamı "düşük" P içeriğine sahiptir (Tovep, 1991). Çalışma alanında toprakların yarıyıllık fosfor içeriği için değişkenlik düzeyi (%  $C_v$ ) %21.40 ile "orta" olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının potasyum kapsamı 67.0  $\text{mg kg}^{-1}$  ile 410.05  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir. Söz konusu yapılan analiz sonucu alanda bulunan toprakların ortalama K miktarı 208.4  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre toprakların %20.6'inin K içeriği az, %76.5'nün yeterli ve %2.9'nün ise fazladır.



Çalışma alanında toprakların değişebilir potasyum içeriği için değişkenlik düzeyi (% Cv) % 37.10 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının mangan içeriği 52.14 mg kg<sup>-1</sup> ile 99.35 mgkg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Mn içeriği 74.93 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının %76.4’nün Mn içeriği uygun (<80 mg kg<sup>-1</sup>) olarak bulunurken %23.6’sının ise Mn içeriği sınır değerden fazla olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında toprakların toplam mangan içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) % 14.81 ile “düşük” olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının çinko içeriği 0.94 mg kg<sup>-1</sup> ile 14.68 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Zn içeriği 2.75 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Zn içeriği sınır değerler altında belirlenmiştir. Çalışma alanında toprakların toplam Zn içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) % 82.21 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının bakır içeriği 0.88 mg kg<sup>-1</sup> ile 5.30 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Cu içeriği 1.93 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Cu içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam bakır içeriği için değişkenlik düzeyi (CV) % 42.81 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının demir içeriği 2 042.45 mg kg<sup>-1</sup> ile 39 214.40 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Fe içeriği 4 396.92 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Fe içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam demir içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) % 141.81 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır.

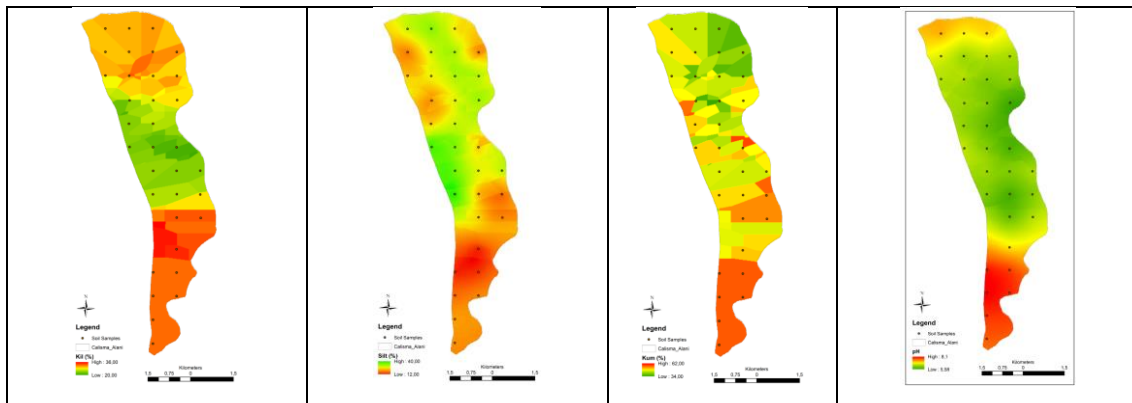
Çalışma alanı topraklarının krom içeriği 0.71 mg kg-1 ile 8.84 mg kg-1 arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Cr içeriği 4.15 mg kg-1 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Cr içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam krom içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) % 51.10 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının kurşun içeriği 0.18 mg kg<sup>-1</sup> ile 9.00 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Pb içeriği 1.31 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Pb içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam kurşun içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) % 124.25 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır.

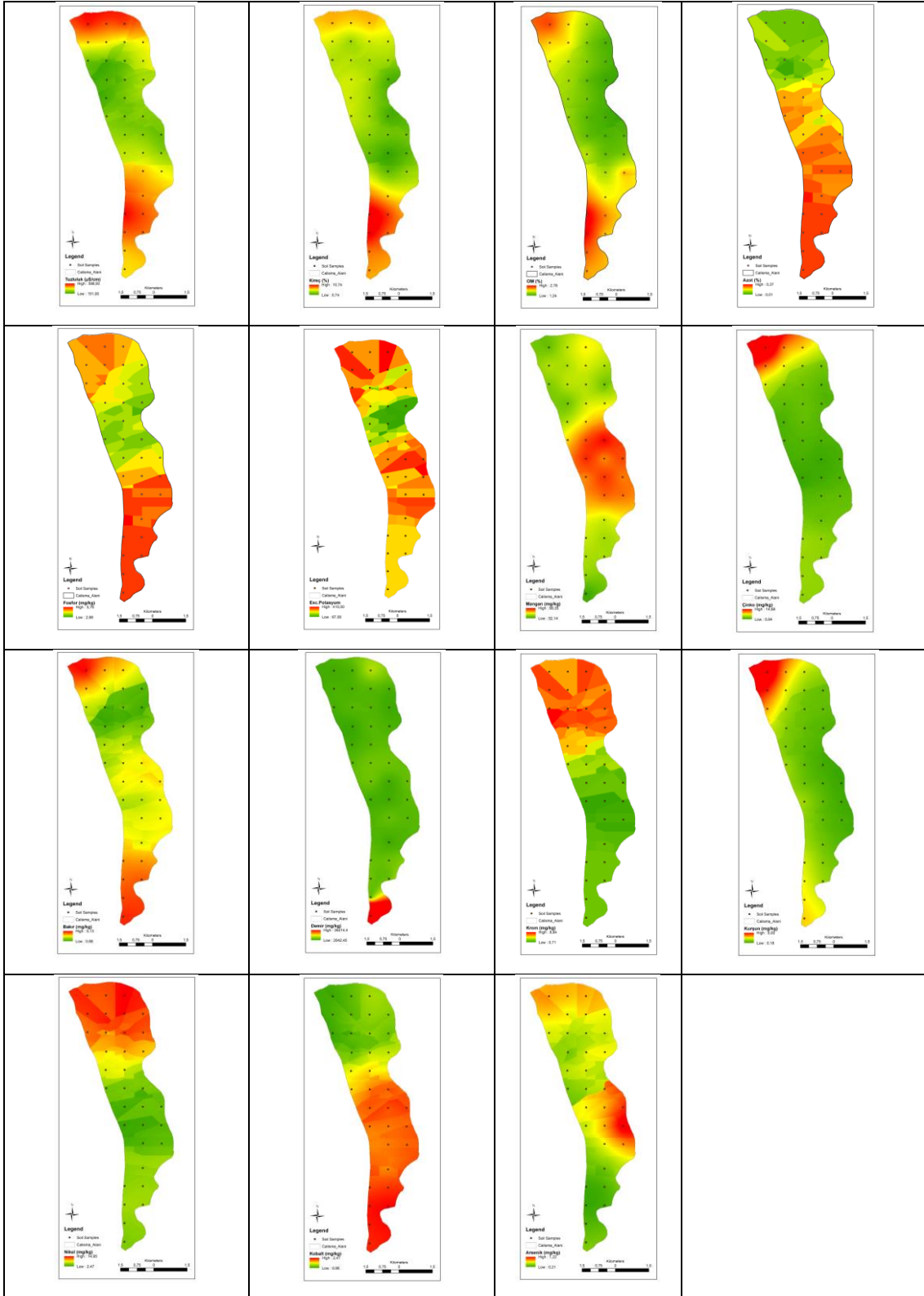
Çalışma alanı topraklarının nikel içeriği 2.47 mg kg<sup>-1</sup> ile 14.95 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Ni içeriği 7.22 mg kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı topraklarının tamamının Ni içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam nikel içeriği için değişkenlik düzeyi (Cv) %

59.38 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının kobalt içeriği  $0.96 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $2.47 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama Co içeriği  $1.79 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Toprakların tamamının Co içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Toprakların toplam kobalt içeriği için değişkenlik düzeyi ( $C_v$ ) % 24.39 ile “orta” olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının arsenik içeriği  $0.21 \text{ mg kg}^{-1}$  ile  $1.22 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte toprakların ortalama As içeriği  $0.38 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Toprakların tamamının As içeriği sınır değerler altında bulunmuştur. Çalışma alanında toprakların toplam arsenik içeriği için değişkenlik düzeyi ( $C_v$ ) % 45.39 ile “yüksek” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanı topraklarında kadmiyum tespit edilmemiştir. Yapılan element analizlerinde bütün toprak örneklerinin Cd içeriği sıfır olarak saptanmıştır. Kadmiyum doğada oldukça az bulunan bir elementtir. Doğada saf olarak bulunmaz. Çok düşük dozlarda bile toksik etki yapmaktadır (Goyer, 1991; Lyons ve ark. 1996).

Çalışma alanına ait toprakların analiz edilen bütün parametrelerine ilişkin sonuçların dağılım haritası Şekil 3’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi çalışma sahasında toprakların kil, silt ve kum içerikleri genel olarak heterojen bir dağılım göstermiştir. Çalışma alanının güney bölgesinde kuzeye göre toprakların kil ve kum içeriği nispeten daha yüksek, silt içeriği ise daha düşük bir dağılım göstermiştir. Toprak bünyesi, toprağın biyofiziksel özelliklerini etkileyen çok kararlı bir özelliktir. Bununla birlikte uzun vadede toprak verimliliği ve kalitesi ile ilişkilidir. Toprak bünyesi, toprak sağlığını belirleyen su tutma kapasitesini, gaz difüzyonunu ve su hareketini düzenleyen toprak gözenekliliği ile ilişkilidir (Hillel, 1998). Bu nedenlerden dolayı toprak fraksiyonlarının oransal dağılımı birçok toprak özelliğini yakından ilgilendirmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışma alanında toprak bünyesi bakımından toprak verimliliğini ve bitkisel üretimi olumsuz etkileyecek bir durum tespit edilmemiştir.





**Şekil 3.** Çalışma alanı toprak özelliklerinin dağılım haritası

Bitkilerin optimum bir gelişim göstermesi için gereksinim duydukları besin elementlerinin bir çoğunun yarıyışlılığı pH 6.5-7.5 aralığında artar. Analiz sonucuna göre ortaya çıkan sonuçlar çalışma alanı topraklarının genel olarak pH bakımından tarıma uygun alanlar olduğunu ortaya

koymuştur. Ancak analiz sonuçlarına göre bazı noktalarda toprakların pH miktarı 29 nolu örnekte “hafif alkalin” ve 14 nolu örnekte “hafif asit” olarak belirlenmiştir. Toprakların düşük veya yüksek pH düzeyleri bazı bitki besin elementlerinin alınabilirliğini olumsuz etkilerler. Örneğin düşük pH’da (<5.0) demir, manganez, çinko ve bakır gibi elementlerin çözünürlüğü artar ve bitkiler için toksik etki yaratabilir. Diğer yandan yüksek pH’larda (>8.5) bu elementlerin çözünürlüğü azalır ve bitkilerde noksanlık belirtileri görülmeye başlar (Fernández ve Hoef, 2009). Çalışma alanında kuzey ve güney bölgelerde tuz içeriğinin orta bölgeye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kuzeyde bitkisel üretim faaliyetlerin yanında hayvansal üretim gibi faaliyetlerin olması diğer yandan güney de ise sulama ve gübrelemenin daha çok uygulandığı tahıl tarımının (buğday, mısır, yonca) yapılması tuzluluk dağılımını etkilemiştir. Çalışma alanı topraklarında tuzluluk açısından risk bulunmamıştır. Ancak sulama ve gübreleme gibi tarımsal girdiler iklimin de etkisiyle kısa sürede toprakların tuzlaşmasına neden olabilmektedir. Tuzlar sadece çoğu ürünün tarımsal üretimini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda toprak fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin bir sonucu olarak, bölgenin ilgili ekolojik dengesini de olumsuz etkiler (Chhabra, 2017). Çalışma alanının güneyinde özellikle 20 nolu toprak profilinden güneye doğru toprak kireç içeriğinin arttığı görülmektedir. Kireç birçok toprak özelliğini dolaylı ya da doğrudan etkiler. Toprak fraksiyonları arasında flokülasyona neden olması nedeniyle toprak stabilitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte içeriğindeki kalsiyum elementinin makro besin elementi olması nedeniyle kireç toprak verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Diğer yandan bir kalsik horizon oluşturacak düzeyde kireç birikiminin olduğu topraklarda ise başta fosfor, çinko ve demir olmak üzere bitkilerde çeşitli besin maddelerinin noksanlıklarına yol açabilir (Kaçar, 2009). Organik madde dağılım haritası incelendiğinde dağılımın pH, tuzluluk ve kireç dağılımına benzer olduğu anlaşılmaktadır. Burada arazi kullanımının toprak organik maddesi içeriği üzerindeki etkisi görülmektedir (Şekil 3). Kuzeyde aile tipi işletmelere bağlı hayvan otlatma sahalarının bulunması güneyde ise tahıl ile münavebeli olarak baklagil grubu yem bitkisi ekili arazilerinin yoğunluğu dağılım üzerine etkili olmuştur. Demir ve Mirici (2020), çalışmalarında arazi kullanım durumunun topraktaki organik madde üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Toprakların toplam azot (TN) dağılım haritası incelendiğinde kuzeyden güneye doğru toprakların azot içeriğinde bir artışın olduğu görülmektedir. Çalışma alanının güneyinde tahıl tarımı ile birlikte yem bitkisi tarımının nispeten daha fazla yapılması nedeniyle bu bölgelerde daha fazla kimyasal gübreleme yapılmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda topraktaki bazı besin elementleri daha yüksek olabilir.

Çalışma alanında toprakların yaklaşık %40 kadarının N içeriği yeter düzeyin altındadır. Bu alanlarda sürdürülebilir N düzeyini arttırmak için toprakların organik madde içeriğinin artırılması gerekmektedir.

Toprakların yarayışlı fosfor (YP) dağılım haritası incelendiğinde çalışma alanının güneyinde toprakların fosfor içeriğinde bir artış olduğu görülmektedir. Kısmi olarak ta kuzey sınırlarında fosfor içeriğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışma alanının güneyinde tahıl tarımı ile birlikte yem bitkisi tarımının nispeten daha fazla yapılması nedeniyle bu bölgelerde daha fazla kimyasal gübreleme yapılmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda topraktaki bazı besin elementleri daha yüksek olabilir. Nispeten güneye doğru P miktarında bir artış olsa da araştırma alanı topraklarının tamamında P yeter değerinin altında bulunmuştur.

Toprakların değişebilir potasyum (DK) dağılım haritasına göre çalışma alanında potasyumun heterojen bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Potasyum birincil bir makro element olmasına rağmen topraklarda yeter düzeyde bulunması nedeniyle gübreleme yoluyla toprağa çok fazla uygulanmamaktadır. Suda çözünmesi ve taşınması birçok elemente göre daha kolaydır. Özellikle kumlu topraklarda hareketlilik daha fazladır. Killi topraklarda ise fiksasyon nedeniyle topraklar tarafından tutulur (Kaçar, 2009). Çalışma alanında sulu tarımın yaygın olarak yapıldığı göz önüne alındığında yüzey akış ve perkolasyon ile potasyumun heterojen bir dağılım gösterebileceği düşünülmektedir.

Toprakların mangan (Mn) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Çalışma alanında diğer yerlere göre orta bölümde manganın daha fazla olduğu görülmektedir. Mangan topraklarda çözünebilir, değişebilir, indirgenebilir ve organik bağlı mangan olmak üzere değişik kimyasal şekillerde bulunmaktadır. Yarayışlı Mn fazlalığı toprakların uzun süre su ile kaplı kalması sonucunda oluşabilmektedir. Bunun yanında gübre ve organik atıkların çözünmesi sonucu toprakta Mn artış gösterebilmektedir (Alejandro ve ark. 2020). Çalışma alanında toprakların çinko (Zn) dağılım haritası incelendiğinde alanının genelinde Zn'in homojen bir dağılım gösterdiğini sadece kuzey arazilerinde nispeten bir artışın olduğu dikkat çekmektedir. Oluştukları ana materyale bağlı olarak toplam Zn miktarı topraktan toprağa farklılık göstermektedir. Genelde toplam Zn miktarının 10-300 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu rapor edilmiştir (Kaçar ve Katkat, 2011). Zn içeren minerallerin %90'dan fazlası çözünemez şekildedir (Barber, 1995). Topraklarda Zn temelde sfalerit, simitsonit ve hemimorfit mineralleri şeklinde bulunur. Çalışma alanında toprakların bakır (Cu) dağılım haritası incelendiğinde topraklarındaki Cu'nun kuzey ve güney arazilerinde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu farklılık önemsiz

olarak kabul edilmektedir. Topraklarda Cu genel olarak ana materyal ve tarımsal girdilere bağlı mekânsal farklılık gösterebilmektedir (Fernández-Calviño ve ark., 2013).

Çalışma alanında toprakların toplam demir (Fe) dağılım haritası incelendiğinde çalışma alanı topraklarında Fe'nin güney arazilerinde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Topraklardaki yersel farklılık değişiklik, hem antropolojik hem de pedolojik faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bitkisel ve hayvansal üretim sürecinde toprağa ilave edilen çeşitli gübre ve ilaçlar, diğer yandan erozyon, perkolasyon ve hasat gibi olaylar neticesinde bazı önemli elementlerin çeşitli yollarla topraktan uzaklaşması ve yapılan tarım şekli toprak değişkenliği üzerinde oldukça etkilidir (Arslan ve ark., 2018). Bu nedenlerden dolayı herhangi bir arazide mekânsal farklılık ile beraber birçok toprak parametresinde değişiklik olabilmektedir. Çalışma alanındaki Fe dağılımının bu nedenlerden dolayı meydana geldiği söylenebilir. Araştırmaya konu olan toprakların toplam krom (Cr) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Harita incelendiğinde çalışma alanı topraklarında Cr'nin kuzey arazilerinde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Topraklardaki kromun en önemli kaynağı kromit adı verilen mineraldir. Topraktaki Cr'nin ancak çok az bir kısmı ekstrakte edilebilmektedir (Shewry ve Peterson, 1976). Bunun yanında kâğıt endüstrisi, metal işleri ve dökümhaneler, gübreler atmosferik kaynaklı birikintiler topraklarda Cr birikimine neden olmaktadır. Bitki gelişmesi için Cr'nin mutlak gerekliliği hakkında henüz yapılmış belirli bir çalışma yoktur. Bununla birlikte bitkilerde Cr birikimi ve olumsuzlukları hakkında yapılan somut fazla çalışma bulunmamaktadır (Kaçar, 2009). Çalışmalar daha çok Cr miktarı fazla olan bitkileri tüketen hayvanlarda meydana gelen sorunlar üzerinde yoğunlaşmıştır (Shewry ve Peterson, 1976).

Çalışma alanında toprakların toplam kurşun (Pb) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Nispeten kuzey arazilerde Pb konsantrasyonunun daha fazla olduğu görülmektedir. Şehir merkezine daha yakın olması nedeniyle bu alanlarda karayolu trafiği ve kısmen endüstriyel faaliyetlerin daha fazla olması Pb artışına yol açabileceği düşünülmektedir. Endüstriyel kirlilik, kurşunlu benzinin yanması ve madencilik faaliyetler, Sanayi Devrimi'nden bu yana çevresel Pb konsantrasyonlarını artırmıştır. Birçok çevre ve sağlık kuruluşu Pb'yi yalnızca yüksek toksisitesi nedeniyle değil, aynı zamanda dünya çapında geniş dağılımı nedeniyle insan sağlığını tehdit eden en tehlikeli ikinci madde olarak nitelemektedir (Nriagu, 1996; Bacon ve ark., 2006; Mao ve ark., 2014).

Çalışma alanında toprakların toplam nikel (Ni) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Kurşun dağılımına benzer bir şekilde kuzey arazilerde Ni konsantrasyonunun daha fazla olduğu görülmektedir. Topraktaki Ni mevcudiyeti pH'ın bir fonksiyonu olarak değişir. Bitkiler, azot (N) metabolizmasındaki rolü nedeniyle özellikle baklagillerde normal gelişim için küçük

miktarlarda Ni'ye ihtiyaç duyar (De Macedo ve ark., 2016). Ni, yerkabuğunda en bol bulunan 22. elementtir ve doğal topraklarda eser konsantrasyonlarda bulunur (Hussain ve ark., 2013). Nikelin topraktaki kaynağını fosforlu gübreler ile volkanik kökenli kayaçların yapısındaki mineraller oluşturmaktadır. Nikel, kil bünyeli ve mineral maddece zengin topraklarda fazla, organik topraklarda ise azdır.

Çalışma alanında toprakların toplam kobalt (Co) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Pb ve Ni elementlerinin aksine Co, çalışma alanının güney arazilerinde topraklarda daha fazla bulunmuştur. Kobalt, tortul kayaçlarda (carrollite, linnaeite, pirit, kobaltit) bol miktarda bulunur. Bununla birlikte topraktaki en önemli kaynakları çimento işleyen yada üreten endüstri kuruluşları, kozmetik ürünler, boya endüstrisi, pil, monitör veya televizyon ekranı kalıntıları ve biyomedikal atıklar (Manzoor and Sharma 2019) potansiyel olarak kobalt konsantrasyonunu artırır ve nihayetinde toprak-bitki-hayvan-insan sisteminde kobalt birikimine katkıda bulunur (Leysens ve ark., 2017). Ancak çalışma alanının güneyinde C onun artışına neden olabilecek bahsi geçen faktörler bulunmamaktadır.

Çalışma alanında toprakların toplam arsenik (As) dağılım haritası Şekil 3'te verilmiştir. Arsenik, yaklaşık olarak  $3.4 \text{ mg kg}^{-1}$  düzeyinde yerkabuğunda yaygın olarak bulunmaktadır (Wedepohl, 1991). Topraktaki arseniğin en önemli kaynakları, enerji santrallerinden, eritme işlemlerinden, maden atıklarından ve belediye, ticari ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan kül kalıntıları dahil olmak üzere çeşitli antropojenik kaynaklardır (Chou ve Harper, 2007). Çalışma alanında Mn gibi orta bölümdeki arazilerde nispeten As miktarı daha fazla bulunmuştur. As, rüzgârla savrulan toprak ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan çevreye salınırken, antropojenik kaynaklardan salınan salınımlar doğal kaynaklardan çok daha fazladır. Arseniğin antropojenik salınımlarının çoğu, öncelikle pestisitler veya katı atıklar şeklinde toprağa veya toprağa verilir. Bununla birlikte, önemli miktarlar da havaya ve suya salınır. Arseniğe maruz kalan bitkilerde, fizyolojik bozukluk, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkiler, ilerleyen dönemlerde bitkilerde ölümler gerçekleşebilir (Finnegan ve Chen, 2012).

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma Bingöl Ovasının önemli bir kısmında yer alan Göynük çayı-Çevre yolu arasında kalan tarım arazilerinde yürütülmüştür. Yaklaşık 1935 ha büyüklüğündeki alandan grid (750 x 750 m) yöntemine göre toprak örnekleme yapılarak, bu toprakların bazı mineral ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara ilişkin değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışma alanı toprakları genel olarak killi tın bünyeye sahiptir. Tarımsal açıdan arzu edilen bir bünye olması yanında bazı durumlarda yönetilmesi zor olan toprak tipleridir. Bu tip

topraklarda toprakta sulama, gübreleme ve mekanizasyon çalışmalarında toprakların mevcut su içeriği dikkate alınmalıdır.

- Topraklar genel olarak nötr bir reaksiyona sahiptir. Ancak asit karakterli bazı lokasyonların bulunması, bitki besin elementlerinin yararışlılığını etkileyebilir. Özellikle 14 nolu toprak örneğinin bulunduğu alanda pH'nın artırılması için bazı uygulamaların (kireçleme, alkali karakterli gübreleme vs.) yapılması gerekebilir. Topraklarda tuzluluk açısından herhangi bir sorun saptanmamıştır. Ancak çalışma alanı topraklarının organik madde içeriği genel olarak düşüktür. Bu sorun özellikle toprak sağlığı açısından kontrol altına alınarak gerekli müdahaleler yapılmalıdır. Bölgede faaliyet gösteren hayvansal üretim kuruluşlarından temin edilecek hayvansal gübreler kullanılarak topraklara organik madde ilavesi yapılmalıdır.
- Toprak örneklerinin kireç içeriği ortalama %4,26 olarak belirlenmiştir. Toprakların %14,7'si az kireçli, % 61,7'si kireçli, % 23,6'sı ise orta kireçli olarak belirlenmiştir. Kireç toprakların en önemli kalsiyum kaynağı olduğundan elde edilen sonuçlar çalışma alanında kireç açısından herhangi bir sorun olmadığını göstermektedir.
- Topraklar genel olarak azot, fosfor ve potasyum içerikleri bakımından sırasıyla orta, düşük ve yeterlidir. Bu elementler bitkilerin optimum düzeyde gelişmeleri için mutlak gerekli olan birincil makro elementlerdir. Bitkiler çiçeklenme ve meyve tutumu aşamasında bu elementlere çok fazla ihtiyaç duyacağından toprakların verimlilik düzeyi düzenli olarak takip edilmelidir. Sürdürülebilir toprak yönetimi açısından toprakların organik madde içeriği yükseltilerek söz konusu elementlerin düzeyleri artırılabilir. Bununla birlikte her ekim döneminde toprak verimlilik analizleri yapılarak, analiz sonuçlarına göre uygun gübre ve dozda eksik elementler tamamlanmalıdır.
- Çalışma alanı topraklarında toplam ağır metal içeriklerine göre sadece %23,6'sının mangan içeriği sınır değerler üzerindedir. Diğer bütün ağır elementler sınır değerler altında bulunmuştur. Dolayısıyla topraklarda ağır metal kirliliğine neden olacak bir birikim saptanmamıştır. Mangan, çinko ve bakır gibi aynı zamanda bitkiler için gerekli bir besin elementidir. Manganın yüksek olduğu bölgelerde bitkilerin bu elemente karşı verdikleri tepki dikkate alınmalıdır.
- Çalışma alanında belirlenen bütün toprak özellikleri için hazırlanan toprak dağılım haritası mekânsal farklılığın toprak özellikleri üzerindeki etkisini göstermiştir. Bu bağlamda toprak özelliklerinin yapılan tarım şekli, sulama, gübreleme ve diğer tarımsal faaliyetlere göre nasıl değiştiği çalışılmalıdır.



## Teşekkür

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: BAP.ZF.2021.003).

## Kaynaklar

- Alejandro, S., Höller, S., Meier, B. & Peiter, E. (2020). Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 300.
- Alloway, B.J. (1990). *Heavy metals in soils*. John Wiley and Sons, Inc. New York, ISBN 0470215984,
- Anonim, (2021). *Compendium Of International Methods Of Analysis – Oiv*, Total nitrogen (Dumas method), Method OIV-MA-AS323-02A. (<https://www.oiv.int/public/medias/2578/oiv-ma-as323-02a.pdf>)
- Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M.ve Atikmen, N.Ç. (2018). Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2), 28-37.
- Bacon, J.R., Farmer, J.G., Dunn, S.M., Graham, M.C. & Vinogradoff, S.I. (2006). Sequential extraction combined with isotope analysis as a tool for the investigation of lead mobilisation in soils: application to organic-rich soils in an upland catchment in Scotland. *Environmental Pollution*, 141, 469.
- Bruce, R.C. & Rayment, G.E. (1982). *Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for soil and land use surveys*. Queens land Department of Primary Industries.
- Chhabra, R. (2017). *Soil salinity and water quality*. Balkema Publishers, Old Post Road, Brookfield, VT 05036, Routledge, USA.
- Chiroma, T.M. Ebewe, R.O. & Hymore, F.K. (2014). Comparative assessment of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey waste water used for irrigation in Yola and Kano. *International Refereed Journal Engineering Science*, 3, 1–9.
- Chou, C.H. & Harper, C. (2007). *Toxicological profile for arsenic*. Chapter 6, 313.
- Çobanoğlu, Z. ve Güler, Ç. (1997). *Toprak kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 40,1.Basım. T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara

- De Macedo, F. G., Bresolin, J. D., Santos, E. F., Furlan, F., Lopes da Silva, W. T., Polacco, J.C., & Lavres, J. (2016). Nickel availability in soil as influenced by liming and its role in soybean nitrogen metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1358.
- Demir, Y., Canbolat, M. ve Doğan Demir, A. (2016). İşlenen ve işlenmeyen arazilerde bazı ağır metallerin toprak profili boyunca değişimin değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 614-620.
- Demir, Y. (2020). Effect of different soil conservation applications on the physicochemical of soil properties. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(6), 4465-4475.
- Demir, Y. (2021). The effects of the applications of zeolite and biochar to the soils irrigated with treated wastewater on the heavy metal concentrations of the soils and leaching waters from the soils. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 16, 223-236,
- Demir, Y. ve Ersoy Mirici, M. (2020). Effect of land use and topographic factors on soil organic carbon content and mapping of organic carbon distribution using regression kriging method. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 15(2), 311-322.
- Demir, Y. ve Canbolat, M.Y. (2018). The classification of soils formed over Göynük river (Bingöl) terraces and determination of their physico-chemical properties. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 604-612.
- Demir, Y., Doğan Demir, A., Meral, R. ve Alaaddin, Y. (2015), Bingöl ovası iklim tipinin Thornthwaite ve Erinc indisine göre belirlenmesi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(4), 332–337.
- Duffus, J.H. (2002). Heavy metals a meanin flessterm (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*.74(5), 793-807.
- Fernández, F.G. & Hoef, R.G. (2009). *Managing soil pH and crop nutrients*. Illinois agronomy handbook, 24, 91-112.
- Fernández-Calviño, D., Garrido-Rodríguez, B., López-Periago, J. E., Paradelo, M. & Arias-Estévez, M. (2013). Spatial distribution of copper fractions in a vineyard soil. *Land Degradation & Development*, 24(6), 556-563.
- Finnegan, P. M. & Chen, W. (2012). Arsenic toxicity: the effects on plant metabolism. *Frontiers in Physiology*, 3, 182.
- Goyer, R.A. (1991) *Toxic effects of metals*. In: *Casertand Doull's Toxicology*. The Basic Science of Poisons (Eds. Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C.d.) Pergamon Press, New York, 1032.

- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. ve Çobanoğlu, D. (2004). Ağır metal iyonlarının ( $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ ) clivia sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi* 16(2), 177-182
- Hillel, D. (1998). *Environmental soilphysics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations*. Elsevier.
- Hussain, M. B., Ali, S., Azam, A., Hina, S., Farooq, M. A. & Ali, B. (2013). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to nickel stress: a review. *African Journal of Agricultural Research*. 8, 1596–1602. doi: 10.5897/AJAR12.407
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. (2011). *Bitki besleme*. Nobel Yayınları (5. Baskı), 1-678.
- Kaçar, B. (2009). *Toprak analizleri* (p. 467s). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Leysens, L., Vinck, B., Van Der Straeten, C., Wuyts, F. & Maes, L. (2017). Cobalt toxicity in humans: A review of the potential sources and systemic health effects. *Toxicology*, 387, 43–56.
- Lindsay, W.L. (1974). *Role of chelation in micronutrient availability*, In: E.W. Carson: *The Plant Root and its Environment*, University. Press of Virginia, 507- 524.
- Long, X.X., Yang, X.E. & Ni, W.Z. (2002). Current status and perspective on phytoremediation of heavy metal polluted soils. *Journal of Applied Ecology* 13, 757-762.
- Lyons-Alcantara, M., Tarazona, J.V. & Mothersill, C. (1996). The differential effect of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals. *Cell Biology and Toxicology*, 12, 29-38.
- Mallants, D., Mohanty, B.P., Jacques, D. & Feyen, J. (1996). Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science* 161, 167-181
- Manzoor, J. & Sharma, M. (2019). Impact of biomedical waste on environment and human health. *Environ Claims Journal*, 31, 311–334.
- Mao, L., Bailey, E.H., Chester, J., Dean, J., Ander, E.L., Chenery, S. R. & Young, S.D. (2014). Lability of Pb in soil: effects of soil properties and contaminant source. *Environmental Chemistry*, 11(6), 690-701.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (M.G.) (2022). İklim sınıflandırmaları. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=BINGOL>
- Nriagu, O. (1996). A history of global metal pollution. *Science*, 272(5259), 223.
- Oliver, M.A. & Webster, R. (1990). Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 4(3), 313-332.

- Shewry, P.R. & Peterson, P.J. (1976). Distribution of chromium and nickel in plants and soil from serpentine and other sites. *The Journal of Ecology*, 195-212.
- Štofejová, L., Fazekáš, J., Fazekášová, D. (2021). Analysis of heavy metal content in soil and plants in the dumping ground of Magnesite Mining Factory Jelsava-Lubeník (Slovakia). *Sustainability*, 13(8), 4508.
- Upadhyay, P., Vaishampayan, A. & Jaiswal, S.K. (2020). *Soil pollution caused by agricultural practices and strategies to manage it*. In Plant Responses to Soil Pollution, 119-132, Springer, Singapore.
- Wedepohl, K.H. (1991). *The composition of the upper earth's crust and the natural cycles of selected metals. Metals in natural raw materials. Natural resources*. In: Merian E, ed. Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis, and biological relevance. New York, NY: VCH, 3-17.
- Yang, S.M., Li, F.M., Suo, D. R., Guo, T. W., Wang, J. G., Song, B.L. & Jin, S.L. (2006). Effect of long-term fertilization on soil productivity and nitrate accumulation in Gansu Oasis. *Agricultural Sciences in China*, 5(1), 57-67.