

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Kadriye ERKAN Tarafından Hazırlanan**

**HARKKÖY (GİRESUN-TİREBOLU) Cu-Pb-Zn MADEN YATAĞININ ÇEVRESEL
ETKİLERİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ

Üye : Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ

Üye : Doç. Dr. Enver AKARYALI


.....
.....
.....

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda yapıcı eleştirileriyle tezimi şekillendirmemde yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. Gülten YAYLALI-ABANUZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerin analize hazırlanması ve dere kumlarının difraktolarının çekiminden mineralojik tayinine kadar fikir ve bilgilerinden destek aldığım Yrd. Doç. Dr. Ali VAN'a, saha çalışmalarında desteğini yanımda gördüğüm sevgili kardeşim Yaşar KARADENİZ'e, meslektaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi Hatice KADAYIFÇI-SARIKAYA ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Oğuzhan GÜMRÜK'e teşekkür ederim.

Tezimin bir araya getirilmesinde bana güç veren, her daim fikirlerinden yararlandığım sevgili eşim Maden Yüksek Mühendisi İlker ERKAN'a (Gümüşhane Üniversitesi) teşekkür ederim.

Son olarak, aldığım her nefesi güzel kılan, her an hayatıma anlam katan maddi ve manevi katkılarıyla güç aldığım çok değerli annem ve babama minnettarım, teşekkür ederim.

Kadriye ERKAN

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn Maden Yatağının Çevresel Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/06/2019

Kadriye ERKAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Amaç	1
1.2. Toprak Kirliliği	1
1.3. Bitki Kirliliği	3
1.3.1. Fındık Bitkisine (<i>Corylus Avellana</i>) Ait Özellikler	4
1.4. Su Kirliliği.....	6
1.4.1. Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	6
1.4.1.1. Hidrojen Derişimi (pH)	6
1.4.1.2. Redoks Potansiyeli (Eh)	7
1.4.1.3. İletkenlik (EC).....	7
1.4.1.4. Sertlik	8
1.4.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇK).....	9
1.4.1.6. Çözünmüş Oksijen (O ₂)	9
1.4.1.7. Sülfat (SO ₄)	10
1.4.1.8. Arsenik (As)	10
1.4.1.9. Kadmiyum (Cd).....	11
1.4.1.10. Bakır (Cu).....	11
1.4.1.11. Demir (Fe).....	11
1.4.1.12. Cıva (Hg).....	11
1.4.1.13. Kurşun (Pb)	12
1.4.1.14. Çinko (Zn).....	12

1.4.2.	Suların Metal Yüklerinin Asitlik Derecesiyle Belirlenmesi	12
1.5.	Sediment Kirliliği	13
1.6.	Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Yönünden İncelenmesi	14
1.6.1.	Bakır (Cu).....	15
1.6.2.	Kurşun (Pb)	15
1.6.3.	Çinko (Zn)	16
1.6.4.	Kadmiyum (Cd).....	17
1.6.5.	Civa (Hg).....	17
1.6.6.	Arsenik (As)	17
1.6.7.	Demir (Fe).....	18
2.	JEOLJİK YERLEŞİM	19
2.1.	Bölgesel Jeoloji	19
2.2.	Çalışma Alanının Jeolojisi	20
2.2.1.	Yarmaden Üyesi	23
2.2.2.	Munatepe Üyesi.....	24
2.2.3.	Sadegöre Bazaltı.....	26
2.2.4.	Alüvyon	27
2.3.	Çalışma Sahalarının Genel Özellikleri	27
2.3.1.	Jeomorfoloji, Bitki Örtüsü ve İklim	28
2.3.2.	Maden Atıkları ve Cevherleşme	28
2.4.	Önceki Çalışmalar	32
3.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
3.1.	Materyal ve Yöntem	35
3.1.1.	Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları	35
3.1.1.1.	Toprak ve Fındık Örnekleme.....	35
3.1.1.2.	Su Örnekleme	38
3.1.1.3.	Dere Kumu Örnekleme.....	40
3.1.2.	Değerlendirme ve Hesaplamalar	42
3.1.2.1.	Toprak Numunelerinin Değerlendirilmesi	42
3.1.2.2.	Fındık (<i>Corylus Avellana</i>) Numunelerinin Değerlendirilmesi.....	44
3.1.2.3.	Su Numunelerinin Değerlendirilmesi.....	46
3.1.2.4.	Dere Sedimanlarının Değerlendirilmesi.....	47
4.	BULGULAR	48

4.1.	Toprak Jeokimyası	48
4.1.1.	Topraktaki Element Dağılımı	49
4.2.	Bitki (<i>Corylus Avellana</i>) Jeokimyası	51
4.2.1.	Fındık Meyvelerinin Jeokimyasal İncelenmesi	51
4.2.2.	Fındık Dallarının Jeokimyasal İncelenmesi	51
4.2.3.	Fındık Ağacında (<i>Corylus Avellana</i>) Element Dağılımı	52
4.3.	Su Jeokimyası.....	56
4.3.1.	Fiziksel Parametrelerin Dağılımları	56
4.3.1.1	pH	56
4.3.1.2.	Sıcaklık.....	57
4.3.1.3.	Elektriksel İletkenlik	57
4.3.1.4.	Eh (Redoks Potansiyeli)	58
4.3.1.5.	Tuzluluk	58
4.3.1.6.	Sertlik	59
4.3.1.7.	Toplam Çözünmüş Madde (TÇK).....	59
4.3.2.	Anyon Dağılımları.....	60
4.3.2.1.	Çözünmüş Oksijen (O ₂)	60
4.3.2.2.	Sülfat (SO ₄ ⁻²)	60
4.3.2.3.	Sülfür (S).....	61
4.3.2.4.	Nitrat (NO ₃ ⁻).....	61
4.3.2.5.	Nitrit (NO ₂ ⁻).....	62
4.3.3.	Katyon Dağılımları.....	62
4.3.3.1.	Arsenik (As)	62
4.3.3.2.	Kadmiyum (Cd).....	63
4.3.3.3.	Bakır (Cu).....	63
4.3.3.4.	Demir (Fe).....	64
4.3.3.5.	Kurşun (Pb)	64
4.3.3.6.	Çinko (Zn).....	65
4.3.3.7.	Sülfür (S)	65
4.4.	Dere Sedimanlarının Jeokimyası.....	66
4.4.1.	Ana Elementlerin Dağılımları	67
4.4.2.	İz Elementlerin (Ağır Metaller) Dağılımları	69
4.4.3.	Dere Sedimanlarının Mineralojik Bileşimi	71

4.4.3.1.	Dere Sedimanlarının XRD Sonuçlarına Göre Mineralojik Bileşimi.....	71
4.4.3.2.	Dere Sedimanlarının Nicel Mineralojik Bileşimi (MINSQ Çözümlemesi).....	75
5.	TARTIŞMA	77
5.1.	Toprak Numunelerinin Değerlendirilmesi	77
5.1.1.	Jeokimyasal Değerlendirmeler	77
5.1.1.1.	Jeobirikim İndeksi (I_{geo})	77
5.1.1.2.	Zenginleşme Faktörü (ZF)	78
5.1.1.3.	Kirlilik Faktörü (C_f), Kirlilik Derecesi (C_{deg})	79
5.1.1.4.	Bütünleşik Kirlilik İndeksi (IPI)	80
5.1.2.	Topraktaki Kirliliğin İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi.....	81
5.2.	Fındık Ağacı (<i>Corylus Avellana</i>) Numunelerinin Değerlendirilmesi	82
5.2.1.	Jeokimyasal Değerlendirmeler	82
5.2.1.1.	Elementlerin Bitki İçin Gerekliliği ve Eşik Değerler.....	82
5.2.1.2.	Toprakla Fındık Arasındaki Metal İlişkisi	84
5.2.1.3.	Elementlerin Fındık Ağaçlarında Zenginleşme Oranları	86
5.2.1.3.1.	Toprak ve Dala Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	86
5.2.1.3.2.	Meyve ve Dala Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması	88
5.2.1.3.3.	Meyve ve Toprağa Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması	90
5.2.2.	Harkköy Madeni Etkisi Altındaki Fındıkların İnsan Sağlığına Etkileri.....	93
5.2.3.	Fındıktaki Kirliliğin İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi.....	94
5.2.3.1.	Fındık Örneklerinin Değerlendirilmesi	94
5.2.3.2.	Dal Örneklerinin Element İlişkilerinin Belirlenmesi	94
5.3.	Su Numunelerinin Değerlendirilmesi.....	95
5.3.1.	Jeokimyasal Çalışmalar	95
5.3.1.1.	Suların Metal Yüklerinin Asitlik Derecesiyle Belirlenmesi	95
5.3.1.2.	Elementlerin Ortamın Asitlik Derecesine Göre Sudaki Dağılımları.....	96
5.3.3.	Suların Kirlilik Derecesi ve Kullanılabilirliği	98
5.3.2.	Sudaki Kirliliğin İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi	99
5.4.	Dere Sedimanlarının Değerlendirilmesi	99
5.4.1.	Jeokimyasal Çalışmalar	99
5.4.1.1.	Jeobirikim İndeks (I_{geo})	99
5.4.2.	Zenginleşme Faktörü (ZF)	100

5.4.3.	Kirlilik Faktörü (C_f), Kirlilik Derecesi (C_{deg})	101
5.4.4.	Bütünleşik Kirlilik İndeksi (IPI)	102
6.	SONUÇLAR	103
7.	KAYNAKLAR.....	105
8.	EKLER	112
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

HARKKÖY (GİRESUN-TİREBOLU) Cu-Pb-Zn MADEN YATAĞININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Kadriye ERKAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ
2019, 111 Sayfa, 19 Sayfa Ek

Harkköy Cu-Pb-Zn maden sahası 5000 tondan fazla pasa ve cüruf yığınlarıyla terk edilmiş ve ıslah çalışmaları yapılmamış eski bir işletmedir. Maden sahasının meydana getirdiği kirlilik su, dere kumu, toprak ve fındık (*Corylus Avellana*) bitkisinin dal ve meyveleri üzerinde yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

Toprak incelemelerine göre; S düşük, Fe, Zn ve Hg orta, As önemli ve Cu, Cd ve Pb elementleri ise çok yüksek derecede kirlilik oluşturmaktadırlar.

Çalışma alanında yer alan derelerden ve maden sızıntı sularından alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre; düşük metal içerikli asidik sularda As ve Cd, yüksek metal içerikli asidik sularda Pb, Zn, Cu ve Fe elementleri gözlenmektedir. Yüksek metal içerikli nötr özellikli sularda Zn elementi hakimdir. Ayrıca tüm elementler nötr özellikli sularda düşük metal içeriği oluşturmaktadırlar. Kahyalı Dere, Muna Dere ve Değirmen Dere içilebilir su kalitesindedir.

Çok yüksek derecede kirletilmiş dere kumları orta derecede Fe, Hg, As elementlerince, çok yüksek derecede ise Cu, Zn, Pb ve Cd elementlerince kirletilmiştir.

Fındığın dal ve meyvesinde topraktan daha çok S elementi olduğu tespit edilmiştir. Maden çevresindeki fındık ağaçları Türkiye'deki fındıklardan daha çok Fe, Zn, Cu, Cd, Pb elementlerini içermektedir. Fakat insan sağlığı için tehlikeli değildir.

Anahtar Kelimeler: Harkköy, Fındık, *Corylus Avellana*, Toprak, Su, Dere Kumu

Master Thesis

SUMMARY

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF THE HARKKÖY (GİRESUN-TİREBOLU) Cu-Pb-Zn MINE

Kadriye ERKAN

Karadeniz Technical University
Institute of Natural Sciences
Geological Engineering Program
Supervisor: Assoc. Prof. Gülten YAYLALI ABANUZ
2019, 111 Pages, 19 Pages Appendixes

Harkköy Cu-Pb-Zn mine area is an unimproved and abandoned ancient area with over 5000 tonnes of mine wastes and slag piles. The contamination caused by the mine area was determined by analyzing water, sediment and soil samples and the twigs and hazelnuts (*Corylus Avellana*) of hazelwoods.

Soil analysis demonstrated that the element S caused low; the elements Fe, Zn and Hg caused average; the element As caused significant and the elements Cu, Cd and Pb caused a very high contamination.

The analysis results of samples, collected from mine drainage waters and streams demonstrated that; the elements As and Cd are observed in acidic waters with low metal contents, while the elements Pb, Zn, Cu and Fe are observed in acidic waters with high metal contents. The element Zn is dominant in neutral waters with high metal content. Moreover, all of the elements demonstrated low metal contents in neutral waters. The water quality of Kahyalı Stream, Muna Stream and Değirmen Stream is sufficient for drinking.

The sediments with very high contamination are contaminated on average level by Fe, Hg and As elements and on very high level by Cu, Zn, Pb and Cd elements.

The hazelnut and the twig of hazelwood is accumulated the S element from soil and contains much more S element than the soil. The hazelwoods around the mine area contains higher amounts of Fe, Zn, Cu, Cd and Pb elements when compared with the Turkey average amounts of these elements on hazelwoods but the amounts of these elements on the mine area is not a threat for human health.

Key Words: Harkköy, Hazelnut, *Corylus Avellana*, Soil, Water, Sediment

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Toprak kirliliğine neden olan birincil etmenlerin şehirlere göre dağılımları.....	2
Şekil 1.2. a) fındık ağacı, b) zuruf, c) tohum ve dışını saran sert kabuk (URL-3, 2019).....	5
Şekil 1.3. Bazı sulu ortamların oksitlenme potansiyeli (Eh, volt) ve asitlik (pH) dereceleri (Garrels ve Christ 1965).....	8
Şekil 1.4. Ficklin diyagramı (Ficklin vd., 1992).....	13
Şekil 1.5. Ağır metallere bağlı semptomlar (Özbolat ve Tuli, 2016).....	15
Şekil 1.6. Kandaki kurşun seviyelerine göre karşılaşılan sağlık sorunları (Özbolat ve Tuli, 2016).....	16
Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Bölgesinin basitleştirilmiş bölgesel jeolojik haritası ve bazı yatakların konumu (Güven, 1993'ten değiştirilerek).....	19
Şekil 2.2. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit (ölçeksiz).....	21
Şekil 2.3. Çalışma alanının jeoloji haritası (Şarman, 1975, Altun, 1984'den düzenlenmiştir.).....	22
Şekil 2.4. Harkköy madeninin genel görünümü. (Beyaz alanlar ayrışma zonlarına karşılık gelmektedir. Resim GB yönüne doğru çekilmiştir.).....	23
Şekil 2.5. Temel birimlerde gözlenen a) kıvrımlanma b) silisleşme, hematitleşme ve kükürt birikimi, c) ayrışmış breşler d) tamamen bozunmuş ve kuvarsları kalmış dasit.....	24
Şekil 2.6. a) Steril dasit tüf ve breşlerin maden sahası içinde kıvrımlanmış cevherli dasitleri üstlenmesi b) yoğun hematitleşme ve limonitleşme.....	24
Şekil 2.7. Munatepe üyesininin taban kesimlerinin arazideki görünümü (andezitik tüf-tüfit, dasitik tüf).....	25
Şekil 2.8. Munatepe üyesine ait kireçtaşlarının arazideki görünümü.....	25
Şekil 2.9. Riyodasitin el örneğinde ve arazideki hematitleşmiş görünümü.....	26
Şekil 2.10. Çalışma alanındaki bazaltın a) el örneğinde görünümü b) kolon debili yapısı c) eksfoliasyon yapısı d) arazide oluşturduğu yükseltiden bir görünüm.....	26
Şekil 2.11. Harkköy madenine ait yer bulduru haritası. M: maden sahası, C: cüruf sahası.....	27
Şekil 2.12. a) ana galerinin görünümü b) topoğrafyaca üst kesimde yer alan küçük galerinin görünümü c) Munatepe Üyesine ait çamurtaşı içinde açılan	

	bir galerinin dış görünümü, d) Munatepe Üyesine ait çamurtaşı içinde açılan bir galerinin iç görünümü	29
Şekil 2.13.	Maden sahası içinde yer alan pasa yığınının görünümü	30
Şekil 2.14.	Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn madeni atıklarında gözlenen a) benekli doku, b) ağsal doku, c) saçınımlı doku ve d) breş dolgusu yapıları.....	30
Şekil 2.15.	a) ve b) madenin 400 m doğusunda bulunan cüruf yığını c) maden sahasındaki vadinin kuzey kesimde ve d) güney kesiminde cüruf yığınları	31
Şekil 2.16.	a) ikincil mineralleşme örnek noktası (GAL), b) asidik suyun bazik suya döküldüğü nokta c) Maden Dere üzerinde örnek noktası (M2).....	31
Şekil 2.17.	Maden içinde ve cüruf yığnında gözlenen alterasyonların arazideki görünümü (K: killeşme, H: hematitleşme, L: limonitleşme)	32
Şekil 3.1.	Örnek Alım Noktaları.....	36
Şekil 3.2.	Fındık ve dal örneklemesinde a) toplama ve b) paketleme	37
Şekil 3.3.	Toprak örneklemesi.....	37
Şekil 3.4.	a) pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk ölçümleri b) su örneği alımı c) suyun şırınga yardımıyla filtrelenmesi d) fotometre ve küvetleri ile iyon ölçümü.....	39
Şekil 4.1.	Toprak örnek alım noktaları	48
Şekil 4.2.	Çalışılan elementlerin örneklere göre sütun grafik dağılımları (Cu, Zn ppm, SD sınır değerler Lindsay 1979)	49
Şekil 4.3.	Fındık (<i>Corylus Avellana</i>) örnek alım noktaları (F: fındık meyvesi noktaları, D: fındık dalı noktaları).....	52
Şekil 4.4.	Fındık (<i>Corylus Avellana</i>) bitkisine ait dal ve meyvelerin S, Cu, Fe element dağılımlarını gösteren sütun grafikler (RD referans değerler)	53
Şekil 4.5.	Elementlerin meyve ve dallarına ait karşılaştırmalı yüzde dağılımları	55
Şekil 4.6.	Su örnek alım noktaları	56
Şekil 4.7.	Örnek noktalarına ait pH dağılımları	57
Şekil 4.8.	Örnek noktalarına ait sıcaklık dağılımları	57
Şekil 4.9.	Örnek noktalarına ait elektriksel iletkenlik dağılımları.....	58
Şekil 4.10.	Örnek noktalarına ait Eh (mV) dağılımları	58
Şekil 4.11.	Örnek noktalarına ait tuzluluk dağılımları	59
Şekil 4.12.	Örnek noktalarına ait sertlik (mg/L) dağılımları	59
Şekil 4.13.	Örneklerin toplam çözünmüş madde dağılımları (mg/L) dağılımları	60
Şekil 4.14.	Örnek noktalarına ait çözünmüş oksijen (O ₂) dağılımları.....	60

Şekil 4.15.	Örnek noktalarına ait sülfat (mg/L) dağılımları	61
Şekil 4.16.	Örnek noktalarına ait sülfür (mg/L) dağılımları.....	61
Şekil 4.17.	Örnek noktalarına ait nitrat (mg/L) dağılımları.....	62
Şekil 4.18.	Örnek noktalarına ait nitrit (mg/L) dağılımları	62
Şekil 4.19.	Örnek noktalarına ait arsenik (As µg/L) dağılımları.....	63
Şekil 4.20.	Örnek noktalarına ait kadmiyum (Cd µg/L) dağılımları	63
Şekil 4.21.	Örnek noktalarına ait bakır (Cu µg/L) dağılımları	64
Şekil 4.22.	Örnek noktalarına ait demir (Fe µg/L) dağılımları	64
Şekil 4.23.	Örnek noktalarına ait kurşun (Pb µg/L) dağılımları.....	65
Şekil 4.24.	Örnek noktalarına ait çinko (Zn µg/L) dağılımları	65
Şekil 4.25.	Örnek noktalarına ait sülfür (S mg/L) dağılımları	66
Şekil 4. 26.	Dere kumu örnek alım noktaları.....	66
Şekil 4.27.	Dere kumlarında ana element dağılımları. (a) % Al, b) % Fe, c) % Si, d) %Mg, e) % Ca, f) % Na, g) % K, h) %Ti, i) % P ve j) % Mn element dağılımlarını gösterir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000.)	67
Şekil 4.28.	Dere kumlarının ağır metal dağılımları (a) Cu (ppm), b) Pb (ppm), c) Zn (ppm), d) As (ppm), e) Cd (ppm), f) Hg (ppm), g) Ba (ppm) element dağılımını vermektedir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000.)	70
Şekil 4.29.	D1 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümlemesi	72
Şekil 4.30.	D2 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümlemesi	73
Şekil 4.31.	D3 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümlemesi	74
Şekil 4.32.	D4 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümlemesi	75
Şekil 5.1.	Çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin jeobirikim indeksleri ve sınıflamaları.....	78
Şekil 5.2.	Çalışma alanından derlenen toprak örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri ve sınıflamaları	79
Şekil 5.3.	Çalışma sahasına ait numune bazında kirlilik oranları (IPI, bütünleşik kirlilik indeksi)	81
Şekil 5.5.	Fe, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb elementlerinin fındık meyvelerinde birikimleri.....	83
Şekil 5.6.	Toprak ve fındık arasındaki pozitif element ilişkileri	85
Şekil 5.7.	Her bir elementin örnek bazında dal/toprak oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları	87

Şekil 5.8.	Elementlerin örnek bazında meyve/dal oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları	89
Şekil 5.9.	Elementlerin örnek bazında meyve/toprak oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları	91
Şekil 5.10.	Dereler ve maden sızıntı sularının pH derecelerine göre metal yükleri	96
Şekil 5.11.	Elementlerin ortamın asitlik derecesi ve metal yoğunluğuna göre dağılımı. a) Zn elementi b) Pb elementi c) Fe elementi, d) Cu elementi, e) As elementi, f) Cd elementi.....	97
Şekil 5.12.	Çalışma alanından derlenen dere sedimanlarında ölçülen elementlerin jeobirikim indeksleri	100
Şekil 5.13.	Çalışma alanından derlenen dere sediman örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri (ZF).....	101
Şekil 5.14.	Çalışma sahasına ait numune bazında kirlilik oranları (IPI, bütünleşik kirlilik indeksi)	102

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Bazı ağır metallerin toprak için verilen sınır değerleri	2
Tablo 1.2. Bazı ağır metallerin kirletici olarak değerlendirilmesi ve bitki hayatı için gerekliliği (Yıldız, 2004)	3
Tablo 1.3. Bazı elementlerin görevleri ve kaynakları (Aydın, 2011).	4
Tablo 1.4. Türk fıncığının besin element değerleri (URL-1, 2019).....	5
Tablo 1.5. Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Çobanoğlu, 1995).....	9
Tablo 1.6. Çözünmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Güler vd., 1997).....	9
Tablo 1.7. Deniz seviyesindeki suyun sıcaklığı ile tutabileceği çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki (Aras ve Bircan, 1995)	10
Tablo 1.8. Sülfat tuzu içeriğine göre suların tat başlangıç değerleri (Güler vd., 1997).	10
Tablo 3.1. Çalışma sahasındaki su örneklerinde ölçümü yapılan anyonların kart numaraları ve ölçüm aralıkları	40
Tablo 3.2. Jeokümülyasyon indeks sınıflamaları (Loska vd. 2004).....	42
Tablo 3.3. Zenginleşme faktörü sınıflamaları (Buat-Menard, 1979).	43
Tablo 3.4. Kirlilik faktörü (C_f) sınıflamaları (Hakanson, 1980).	43
Tablo 3.5. Kirlilik derecesi (C_{deg}) sınıflamaları (Hakanson, 1980).....	44
Tablo 3.6. Kirlilik indeksi (IPI) sınıflamaları (Wei vd. 2010)	44
Tablo 3.7. TS 266 Sınıf 2, Tip 2 içme suyu standardı. (TSE, 2005).....	46
Tablo 4.1. Dere sedimanlarının XRD difraktogramlarından okunan mineral bileşimleri	72
Tablo 4.2. Harkköy Madeni'ne ait dere sedimanlarının nicel mineralojik bileşimi.....	76
Tablo 5.1. Harkköy Madeninden derlenen toprak örneklerinin minimum, maksimum ve ortalama kirlilik faktörleri ve sınıflamaları	80
Tablo 5.2. Harkköy Madeni'ne ait toprak örneklerinin pearson korelasyon matrisi	81
Tablo 5.3. Fındıklara ait elementlerin hesaplanan numune sayıları ve eşik değerleri	84
Tablo 5.4. Elementlere ait transfer fonksiyon parametreleri.....	85

Tablo 5.5.	En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) dal/toprak zenginleşme katsayıları.....	86
Tablo 5.6.	En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) meyve/dal zenginleşme katsayıları.....	88
Tablo 5.7.	En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) meyve/toprak zenginleşme katsayıları.....	90
Tablo 5.8.	Dedeksiyon limitinde (200 ppm) ölçüldüğü varsayılan S elementinin meyve/toprak ve dal/toprak zenginleşme katsayıları.....	92
Tablo 5.11.	Elementlerin tavsiye edilen günlük/haftalık tüketim miktarları ile Harkköy Madeni etrafındaki fındıklar için hesaplanan tahmini günlük tüketim değerleri.....	93
Tablo 5.9.	Harkköy Madeni'ne ait fındık örneklerinin pearson korelasyon matrisi	94
Tablo 5.10.	Harkköy Madeni'ne ait dal örneklerinin pearson korelasyon matrisi	95
Tablo 5.12.	Harkköy Maden Yatağına ait suların zenginleşme kapasiteleri.....	98
Tablo 5.13.	Harkköy Madeni'ne ait su örneklerinin pearson korelasyon matrisi.....	99
Tablo 5.14.	Harkköy Madeninden derlenen dere kumu örneklerinin minimum (min), maksimum (max) ve ortalama (ort) kirlilik faktörleri (C_f) ve sınıflamaları	101
Ek Tablo 1.	Çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri ile dedeksiyon limitleri.....	112
Ek Tablo 2.	Harkköy Madeni'nden derlenen fındıkların element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri, dedeksiyon limitleri ve referans değerleri	113
Ek Tablo 3.	Harkköy Madeni'ne ait fındık dallarının element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri ile dedeksiyon limitleri	114
Ek Tablo 4.	Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı fiziksel özellikleri ve istatistiksel değerleri.....	115
Ek Tablo 5.	Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı anyon konsantrasyonları ile istatistiksel değerleri.....	116
Ek Tablo 6.	Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı katyon konsantrasyonları, dedeksiyon limitleri ve istatistiksel değerleri.....	117
Ek Tablo 7.	Dere kumlarının ana oksit analiz sonuçları ve istatistiksel parametreleri	118
Ek Tablo 8.	Dere kumlarının ana element analiz sonuçları ve istatistiksel parametreleri	119
Ek Tablo 9.	Dere kumlarının iz element (ağır metal) analiz sonuçları, istatistiksel parametreler	120

Ek Tablo 10. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin elementlere göre jeobirikim indeks değerleri ile bu değerlerin en düşük, en yüksek, medyan ve yüzde değerleri.....	121
Ek Tablo 11. Çalışma alanından derlenen toprak örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri ve sınıflamaları.....	122
Ek Tablo 12. Harkköy Madeni'ne ait toprak örneklerinin kirlilik faktörleri, bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) sonuçları ve sınıflamaları	123
Ek Tablo 13 . Fındık/Toprak oranlarına ait değerler	124
Ek Tablo 14. Harkköy Madeninden elde edilen her bir örneğin toprak ve bitki bazında karşılaştırmalı zenginleşme katsayıları.....	125
Ek Tablo 15. Dereler ve maden sızıntı sularının pH derecelerine göre metal yüklerinin belirlenmesinde kullanılan Ficklin Diyagramına ait eksen verileri (Toplam (Cd+Co+Cu+Ni+Pb+Zn) - pH dağılım).....	126
Ek Tablo 16. Elementlerin ortamın asitlik derecesi ve metal yoğunluğuna göre dağılımlarının belirlenmesinde kullanılan Ficklin Diyagramına ait eksen verileri	127
Ek Tablo 17. Çalışma alanına ait dere kumu örneklerinin elementlere göre jeobirikim indeks değerleri	128
Ek Tablo 18. Çalışma alanına ait dere kumu örneklerinin elementlere göre zenginleşme faktörleri.....	129
Ek Tablo 19. Harkköy Madeni'ne ait dere kumu örneklerinin kirlilik faktörleri (Cf), bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) sonuçları ve sınıflamaları.....	130

SEMBOLLER DİZİNİ

AS	: asidik maden drenaj noktası
C	: cüruf sahası
C _{deg}	: kirlilik derecesi
C _f	: kirlilik faktörü
DL	: dedeksiyon limit
GAL	: galeri önünden alınan örnek
GPS	: Küresel yer bulma sistemi
I _{geo}	: Jeokümülyasyon indeks
IPI	: bütünleşik kirlilik indeksi
ICP-ES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Emisyon Spektrokopisi
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi
M	: maden sahası
mg/L	: miligram/litre
mS/cm	: miliSiemens/santimetre
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
mV	: milivolt
µg/L	: mikrogram/litre
µS/cm	: mikroSiemens/santimetre
RD	: referans değer
SD	: sınır değer
TÇK	: toplam çözünmüş madde
XRD	: X ışınları difraktometresi
ZF	: zenginleşme faktörü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Amaç

Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlar işletilen maden sayısını artırmıştır. Gerek işletim esnasında gerekse terk edildikten sonra doğaya bırakılan cüruf ve pasalar direk ve/veya dolaylı yollardan toprak, su, hava ve bitki kimyasını değiştirirler. Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn maden yatağı bu şekilde ıslah çalışmaları yapılmadan terk edilmiş bir maden olması nedeniyle seçilmiştir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn yatağının çevresel etki (kirlilik) değerlendirmesi yetersiz kalmıştır. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada terk edilmiş/eski Harkköy (Giresun-Tirebolu) Pb-Zn-Cu maden yatağının bulunduğu çevredeki toprak, su, dere kumu ve fındık bitkisinin dal ve meyvesi üzerindeki kirliliğin belirlenilmesi amaçlanmıştır.

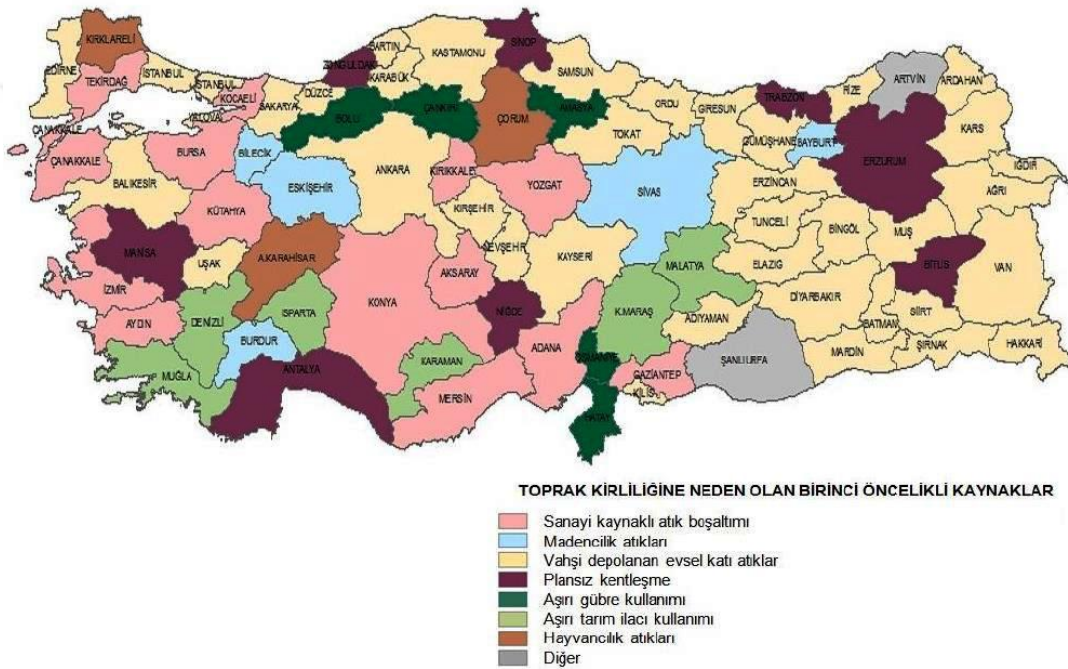
Örnek türleri üzerinde fiziksel, jeokimyasal ve istatistiksel çalışmalar gerçekleştirilerek kendi içlerinde karşılaştırılacaktır. Bu şekilde kirliliğin boyutları, oranları, ne kadar alana etkidiği ve nedenleri ortaya konmaya çalışılacaktır. Sadece çevre odaklı özgün bir çalışma olmasının yanı sıra, olası çevresel problemlere ışık tutacak bu çalışmanın gelecek çalışmalara önemli bir katkı sağlaması ve yön vermesi umulmaktadır.

1.2. Toprak Kirliliği

Toprak kirliliği, 1976 yılında Amerika'nın Love Canal adlı kasabasında yaşanan bir kirlilikle dünya gündemine oturmuştur (Taşatar, 1995). Bu kasabada yer alan eski kimyasal depolama alanlarının üzerine evler inşa edilmiştir. 800'den fazla sayıda işçi ailenin oturduğu bu yerleşim yerinde köpeklerde ve çocuklarda cilt sorunlarıyla başlayan sağlık sorunları zamanla genetik bozukluğa sahip çocuk doğumlarına kadar ilerlemiştir. Burada yaşayan aileler evlerini satarak uzaklaşmışlar ve devlet bu alanı temizleyerek yerleşime açmıştır (Samsunlu, 2014). Dünya genelinde %50'sinden fazlası ağır metal ve metaloit kaynaklı olmak üzere 10 milyondan fazla toprak kirliliği alanı rapor edilmiştir. Kirlilik oluşturan ağır metallerin en yaygın olanları Cd, Cr, Hg, Pb, Cu, Zn, ve As elementleridir (He, vd. .2015).

Dünya Çevre Günü Türkiye Rapor'una göre (ÇMO, 2018) şehirler bazında en etkili kirlilik etkenleri tanımlanmıştır (Şekil 1.1). Rapora göre Bilecik, Eskişehir, Burdur, Sivas ve Bayburt illeri diğer tüm kirlilik öğelerine nazaran madencilik atıkları ile daha fazla kirlenmektedir.

Ülkemizde 2005 tarihli Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde (Resmi Gazete, 2005) belirlenen bazı ağır metallere ait sınır değerler 86/278/EEC sayılı AB Direktifine (AB Direktifi, 1986) paralellik göstermektedir (Tablo 1.1). Fakat bu yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.



Şekil 1.1. Toprak kirliliğine neden olan birincil etmenlerin şehirlere göre dağılımları.

Tablo 1.1. Bazı ağır metallerin toprak için verilen sınır değerleri

Elementler	A	B	C
As	-	-	0,4
Cd	1-3	1-3	70
Cu	50-140*	50-140*	3129
Hg	1-1,5	1-1,5	23
Pb	50-300	50-300	400
Zn	150-300*	150-300*	23464

A: AB Direktifi, 1986, mg/kg; B: Resmi Gazete, 2005, mg/kg; C: Resmi Gazete, 2010, mg/kg; *pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

2005 tarihli Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne ait değerlere insan sağlığı ve risk değerlendirme (insanların ve çevrenin kirletici maddelere maruz kalması halinde meydana gelen olumsuz etkilerin niteliğinin tanımlanması, incelenmesi ve derecesinin tahmin edilmesi) sonuçları eklenerek 08/06/2010 tarih ve 27605 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (Resmi Gazete, 2010) kabul edilmiştir. Bu çalışma kapsamında risk değerlendirmesi yapılmayacağından dolayı kullanılması uygun görülmemiştir (Tablo 1.1).

1.3. Bitki Kirliliği

Bitki, gelişimi ve büyümesi için toprağa ihtiyaç duymaktadır. Toprakta gerekli besinleri bünyesine katarak gelişimini tamamlamaktadır. İhtiyaçtan fazlası bitki için toksik etki yaratmakta, bitkide hasarlı organlara veya bitki ölümüne sebep olmaktadır. Özellikle çevre için önemli derecede kirletici olan ağır metallerin düşük konsantrasyonları bitkiler için toksiktir (Nriogo, 1979).

Ağır metallerin bitki için gerekli olup olmadığı ve kirletici olup olmadıkları Yıldız (2004) tarafından aşağıda verilmiştir (Tablo 1.2). Bir metal her ne kadar "gerekli" olsa da izin verilen konsantrasyonu aştığı sürece bitki için zehirlidir (Yıldız, 2004).

Tablo 1.2 Bazı ağır metallerin kirletici olarak değerlendirilmesi ve bitki hayatı için gerekliliği (Yıldız, 2004)

Element	Simgesi	Kirletici mi?	Bitki için gerekli mi?
Gümüş	Ag	Evet	Gerekli Değil
Kadmiyum	Cd	Evet	Gerekli Değil
Krom	Cr	Evet	Gerekli
Bakır	Cu	Evet	Gerekli
Demir	Fe	Evet	Gerekli
Cıva	Hg	Evet	Gerekli Değil
Mangan	Mn	Hayır	Gerekli
Kurşun	Pb	Evet	Gerekli Değil
Molibden	Mo	Evet	Gerekli
Nikel	Ni	Evet	Gerekli
Çinko	Zn	Evet	Gerekli
Zirkonyum	Zr	Hayır	Gerekli Değil

Gerekli olan elementlerin bitkideki görevleri ve kaynakları Aydın (2011) tarafından bir tablo ile açıklanmıştır (Tablo 1.3).

Tablo 1.3. Bazı elementlerin görevleri ve kaynakları (Aydın, 2011).

Besin Elementi	Bitkideki görevi	Kaynakları
Kükürt (S)	Bitki proteinleri için önemlidir.	Toprakta; Fe-sülfat, Atmosfer; SO ₂
Demir (Fe)	Klorofil sentezi ve enzimlerde elektron transferi için önemlidir.	Toprakta; FeO, Fe ₂ O ₃ , Fe(OH) ₂ , olivin, biyotit
Çinko (Zn)	Çeşitli metabolik aktiviteleri enzim sistemine yardımcı olur.	Toprakta; Zn-karbonat, ZnO, Zn-fosfat, Zn(OH) ₂
Bakır (Cu)	Solunum için bir katalizördür. Birçok enzimin yapısında bulunur.	Toprakta; CuSO ₄ , Cu-karbonat

1.3.1. Fındık Bitkisine (*Corylus Avellana*) Ait Özellikler

Bu çalışmada maden ve çevresinde yoğun olarak bulunması ve yöre halkının geçim kaynağı olması nedeniyle fındık bitkisi (*Corylus Avellana*) seçilmiştir.

Fındık bitkisi Fagales takımının Betulaceae familyası, *Corylus* cinsi içerisinde yer alır. Bu cins bitkiler kışın yapraklarını döken ağaç ve çalılardır (Şekil 1.2a). Rüzgar ile tozlanmaktadır. Erkek çiçekler kış aylarında olgunlaşıp tozlarını salarlarken dişi çiçekler ilkbahar aylarında gelişirler. Fındığın meyvesi zuruf denen yeşil renkli, fındığı boru şeklinde saran, ucu tırtıklı bir koruyucu yaprağın içinde bulunur (Şekil 1.2b). Zuruf içinde sert bir kabukla sarılı tohum yer alır (Şekil 1.2c, URL-1, 2019).

Tohumların şekline göre fındık üç ana gruba ayrılmıştır: tombul, sivri, badem. Her bir grubun altında farklı fındık çeşitleri de vardır. Fındık grubu değiştikçe içerik bakımından da değişebilmektedir. Genel olarak fındığın %60'ı yağ asitlerinden oluşmaktadır. Fındığın %4.45'i su, %16.83'ü karbonhidrat ve % 3.58'i şekerden oluşmaktadır. 100 g fındığın enerji miktarı ise 672 kcal'dir. Fındığın %15.98'i kimyasal bileşimdir. Bu bileşimin ayrıntılı açıklaması Tablo 1.4'te sunulmuştur (URL-2, 2019).



Şekil 1.2. a) fındık ağacı, b) zuruf, c) tohum ve dışını saran sert kabuk (URL-3, 2019)

Özellikle Giresun ilinde yetişen tombul fındık, yüksek yağ içeriği, kendine has tadı, aroması ve dışındaki ince kabuğun kavurma yöntemiyle kolay ve hızlı bir şekilde uzaklaştırılması nedeniyle çok eskiden beri süregelen bir üne sahiptir. İçeriği sayesinde insan sağlığında ana role sahip bir gıdadır (Alasalvar vd. 2003).

Tablo 1.4. Türk fındığının besin element değerleri (URL-1, 2019).

Element	Mineral Bileşimi (mg/100g)	Element	Mineral Bileşimi (mg/100g)
Alüminyum	5.023	Kurşun	0.030
Kadmiyum	0.011	Mangan	3.293
Kalsiyum	193.4	Nikel	1.247
Krom	0.003	Fosfor	355.7
Kobalt	0.220	Gümüş	0.005
Bakır	1.603	Sodyum	3.133
Demir	4.967	Vanadyum	0.077

1.4. Su Kirliliği

Yeryüzündeki toplam suyun yaklaşık %97'sini tuzlu sular, geri kalan %3'ünü ise tatlı sular oluşturmaktadır (Kuleli, 1989). Birleşmiş Milletler Dünya Su Geliştirme Raporuna göre (UNESCO, 2018) dünya genelinde 2.1 milyar insan güvenli içme suyu hizmetlerinden yoksundur. Atıkların %80'inden çoğu arıtılmamakta ve 1.8 milyar insan arıtım görmemiş su kullanmaktadır. Bu rapora göre 1900'lü yıllardan günümüze doğal sulak alanların yaklaşık %70'inin yok olduğu ve 2050'ye kadar sel ve erozyonlarla birlikte ciddi insan nüfusunun etkileneceği, arazi kayıpları yaşanılacağı ifade edilmiştir.

Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu'na göre (ÇMO, 2018) su kirliliği ülkemizin öncelikli çevre sorunlarından biridir. Ülkemizde su kirliliğine:

1. Atıksu altyapısının olmaması,
2. Mevcut atıksu arıtma tesisinin deşarj edilen yerin hassas kullanım alanı gözetilmeksizin alıcı ortam standartlarına göre arıtım yapılmaması,
3. Zirai faaliyetlerde ilaç ve gübrenin gereğinden fazla kullanımı,
4. Katı atıkların suya karışması gibi nedenlerin sebep olduğu bildirilmiştir.

Bu rapora göre ülkemiz yüzey sularının %79'u kalitesizdir (kirli). Bu kirliliklerin ne kadarının madenlerden yayılan ağır metal kaynaklı olduğu bildirilmemiştir.

Kaynağına bakılmaksızın içme amaçlı kullanılacak sular için ülkemizde TSE standartlarından TS 266 (T.S.E., 2005) standardı uygulanmaktadır.

1.4.1. Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

1.4.1.1. Hidrojen Derişimi (pH)

pH su içindeki hidrojen iyonunun 10 tabanına göre eksi logaritmasıdır. Sulu çözeltilerde pH 0-14 arasında değişmektedir. pH=7 ise su nötrdür ve saf sudaki H^+ ve OH^- iyonları denge halindedir. Sularda asit veya alkali reaksiyonlar gerçekleşmez. pH<7 ise su asidiktir. Suda H^+ iyon konsantrasyonları artmaya başlamakta ve indirgen reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Tersine durumda (pH>7) ise su bazik karakter kazanmaktadır. Bu durumda OH^- iyonları zenginleşmeye başlamakta ve ortam oksitleyici özellik kazanmaktadır.

Yüzeysel suların pH değerleri genellikle 8'den büyüktür (bazik). İçme sularında pH 6.5-8.5 arasında değişen, nötr sulardır. pH sulardaki kimyasal reaksiyonları (elementin çökmesi veya hareketliliği vb) etkilediği için önemlidir (Çelebi, 2014).

1.4.1.2. Redoks Potansiyeli (Eh)

Denge konumundaki suyun indirgenme-yükseltgenme koşulunun ifadesidir. Pozitif değerler yükseltgen (oksitleyici) koşulları, negatif değerler ise indirgeyici koşulları temsil etmektedir. Yükseltgen koşullarda reaksiyonun gerçekleşmesi için dışarıdan enerjiye ihtiyaç varken indirgeyici koşullarda dışarıdan enerjiye ihtiyaç olmamasından dolayı indirgeyici reaksiyonlar hızla gerçekleşir.

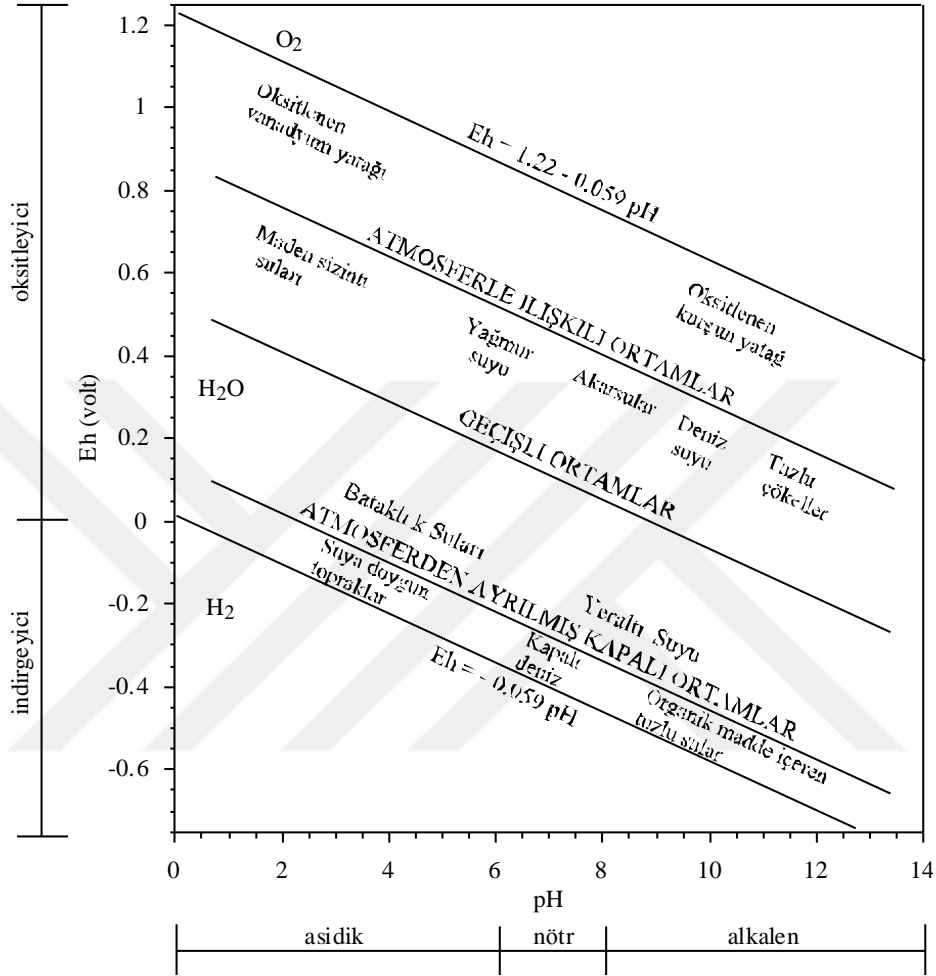
Ortam yorumlarında oksitlenme potansiyeli (Eh) ve asitlik (pH) ölçümleri sık başvurulan parametrelerdendir. Garrels ve Christ (1965) oksitlenme potansiyeli (Eh, volt) ve asitlik (pH) derecelerini vermiş oldukları bir diyagramla bazı sulu ortamları sınıflamışlardır (Şekil 1.3). Eh bileşenler arasında gerçekleşen elektron alışverişinin volt cinsinden ifadesidir. O₂ yüklerinin arttığı ortamlarda (oksitleyici ortamlar) Eh değerleri 0'dan yüksektir. H⁺ yüklerinin arttığı ortamlarda (indirgeyici ortamlar) Eh değerleri 0'dan düşüktür. pH, ortamın H⁺ aktivitesinin bir sonucudur. H⁺ değerlerinin yüksek olduğu ortamlar (>10⁻⁷ mol/L) asidik, düşük olduğu ortamlar (<10⁻⁷ mol/L) ise baziktir. Şekil 1.3'te bazı sulu ortamlar Eh-pH değerlerine göre verilmiştir. Bu Eh-pH değerlerine göre suların ortam özelliklerini ne derece yansıttığına dair bir yoruma gidilebilmektedir.

Sular buldukları ortamlara göre farklı özellikler sergilerler. Örneğin yağmur suyu ile yeraltı suyu farklı O₂ içeriğine sahiptir (Şekil 1.3). Metal sülfid madenlerinde özellikle piritin oksitlenmesi sonucu asit üretimi ile asit maden drenajı (AMD) sık görülen bir durumdur (Sağlam, 2007). Bununla birlikte karbonat, alüminosilikat ve hidroksitlerin yoğun olduğu bir ortamda asit maden drenajı oluşmamaktadır (Smith vd., 1994).

1.4.1.3. İletkenlik (EC)

Sulu çözeltinin elektrik iletebilme kapasitenin sayısal değerine iletkenlik denilmektedir. İletkenlik sudaki iyonların toplam ve bağlı konsantrasyonlarına,

hareketliliğine, değerliklerine ve ölçüm sıcaklığına bağlıdır. İletkenliğin birimi Siemens/cm'dir. Saf suyun iletkenliği 0.055 μ S/cm'dir.



Şekil 1.3. Bazı sulu ortamların oksitlenme potansiyeli (Eh, volt) ve asitlik (pH) dereceleri (Garrels ve Christ 1965).

1.4.1.4. Sertlik

Sertlik sudaki kalsiyum ve magnezyum tuzlarının miktarıdır. 1 litre suda, 10 mg kalsiyum ve magnezyum bikarbonat veya buna eşit miktarda diğer sertlik verici iyonların (kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonları) bulunması halinde, o suyun sertliği 1 Fransız Derecesi (1 Fr) olarak ölçülür. Diğer bir deyişle su içinde 10 mg CaCO₃ 1 Fransız Derecesine eşittir. (Güler vd., 1997) Sularda sertlik Alman, Fransız, Rus ve Amerikan sertlik dereceleriyle

ölçülebilir. Ülkemizde Fransız sertlik derecesi benimsenmiştir. (Güler vd., 1997) Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması Tablo 1.5'te verilmiştir.

Tablo 1.5. Suların sertlik derecelerine göre sınıflandırılması (Çobanoğlu, 1995)

Sertlik Derecesi (Fr)	Suyun Cinsi
0-7	Çok yumuşak
7-14	Yumuşak
14-22	Orta derecede sert
22-32	Oldukça sert
32-54	Sert
54'den büyük	Çok sert

1.4.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TÇK)

Anorganik tuzlar (karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat, nitrat, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi) ile az miktardaki organik maddeler çözünmüş madde olarak ifade edilirler. Toplam çözünmüş madde hem çözünmüş hem de askıdaki katıların toplamıdır. Suyun tat, sertlik, korozyon gibi özelliklerine etki etmektedirler (Güler vd., 1997). Toplam çözünmüş maddeye göre de sular sınıflandırılmaktadır (Tablo 1.6).

Tablo 1.6. Çözünmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Güler vd., 1997)

Katı Madde Miktarı (mg/l)	Sınıf
0-1000	Tatlı su
1000-10.000	Acı su
10.000-100.000	Tuzlu su
100.000 den fazla	Deniz suyu

1.4.1.6. Çözünmüş Oksijen (O₂)

En önemli kirlilik parametrelerinden biridir. Oksijenin suda erime derecesi suyun sıcaklık ve tuzluluk derecesine bağlıdır. Sıcaklık yükseldikçe oksijenin erimesi azalmaktadır (Tablo 1.7).

Tablo 1.7. Deniz seviyesindeki suyun sıcaklığı ile tutabileceği çözünmüş oksijen miktarı arasındaki ilişki (Aras ve Bircan, 1995)

Sıcaklık (°C)	Çözünebilen Oksijen (mg/L)	Sıcaklık (°C)	Çözünebilen Oksijen (mg/L)
0	14,6	8	11,4
1	14,2	10	11,4
2	13,9	12	10,9
3	13,5	14	10,4
4	13,1	16	10
5	12,5	18	9,4
6	11,9	20	9,2
7	11,6	22	8,9

Sudaki çözünmüş oksijenin varlığı iki nedene bağlıdır. Bunlardan biri suda yaşayan bakterilerin yaptıkları fotosentez ile suya bıraktıkları oksijen, diğeri ise havadır. Suda yaşayan aerobik canlılar için çözünmüş oksijene gerek vardır (Güler vd., 1997).

1.4.1.7. Sülfat (SO₄)

Oksitlenme sonucu suda çözünen sülfürlerin ürünüdür. Suda genelde yüksek konsantrasyonlarda bulunan sülfat, çözünen katyonlarla çözünebilen bileşikler vermektedir (sodyum sülfat, magnezyum sülfat gibi sülfat tuzları). Sülfat tuzları tat ölçümünde önemli bir parametredir (Güler vd., 1997). En çok kullanılan sülfat tuzları ve tat başlangıç değerleri Tablo 1.8'de verilmiştir.

Tablo 1.8. Sülfat tuzu içeriğine göre suların tat başlangıç değerleri (Güler vd., 1997).

Sülfat tuzları	Tat Başlangıç Değerleri (mg/L)
Sodyum sülfat	200-500
Kalsiyum sülfat	250-900
Magnezyum sülfat	400-600

1.4.1.8. Arsenik (As)

Ağır metal olmasına rağmen suda arsenik, arsenat (AsO₄) ve arsenit (AsO₂) gibi anyon haldedir. İçme suyu ve su ürünlerinde As arıtımı yapılmaktadır. En kolay ve

ekonomik As arıtımı kireçle yumuşatma yöntemidir. Bu yöntemle %95 arıtım gerçekleşmektedir. Ortamın düşük pH'ı As elementine hareketlilik kazandırmaktadır (Güler vd., 1997).

1.4.1.9. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir (Kahvecioğlu vd., 2007).

1.4.1.10. Bakır (Cu)

Sudaki Cu korozyona sebep olmaktadır. Gramda 5 mg'lık bir Cu konsantrasyonu suya belirgin bir acı tat verir (Güler vd., 1997).

1.4.1.11. Demir (Fe)

Suda ferro (Fe^{2+}) ve ferri (Fe^{3+}) demir olarak iki şekilde bulunur. Ferro demir kararlı bir iyon değildir. Ortamdaki oksijenle birlikte (oksitleyici ortamlar) $Fe(OH)_3$ şeklinde çökelirler. Oksijenin yeterli olmadığı ortamlarda (indirgeyici ortamlar) $Fe(OH)_3$ bozunarak ferro demire dönüşür. Düşük pH derecelerinde ferri demir koloidal halde görülür.

Yüzey sularında Fe elementi çoğunlukla 1 mg/L konsantrasyonlarından azdır. Kullanım sularında en fazla 0.05 mg/L Fe konsantrasyonu beklenmektedir. Sudaki Fe elementi litrede 0.3 mg'dan fazla olursa suda hoş olmayan bir tat oluşturur (Güler vd., 1997).

1.4.1.12. Cıva (Hg)

Yüzeysel sularda genellikle cıva hidroksit ve cıva klorür bileşikleri halinde görülür. Bu bileşiklerin konsantrasyonları en fazla 0.001 mg/L'dir. İçme sularında Hg konsantrasyonu 0.0002 mg/L'den daha azdır. Sulara uygulanan arıtma işlemiyle bu oran daha da düşer. Bu nedenle içme suyu ile günlük olarak alınan miktar normal olarak 0.1 mikrogramı geçmez (Güler vd., 1997).

1.4.1.13. Kurşun (Pb)

Bol oksijenli, nitrat miktarı fazla ve asidik karakterli sularda korozyonun artmasından dolayı Pb miktarı artmaktadır (Güler vd., 1997).

1.4.1.14. Çinko (Zn)

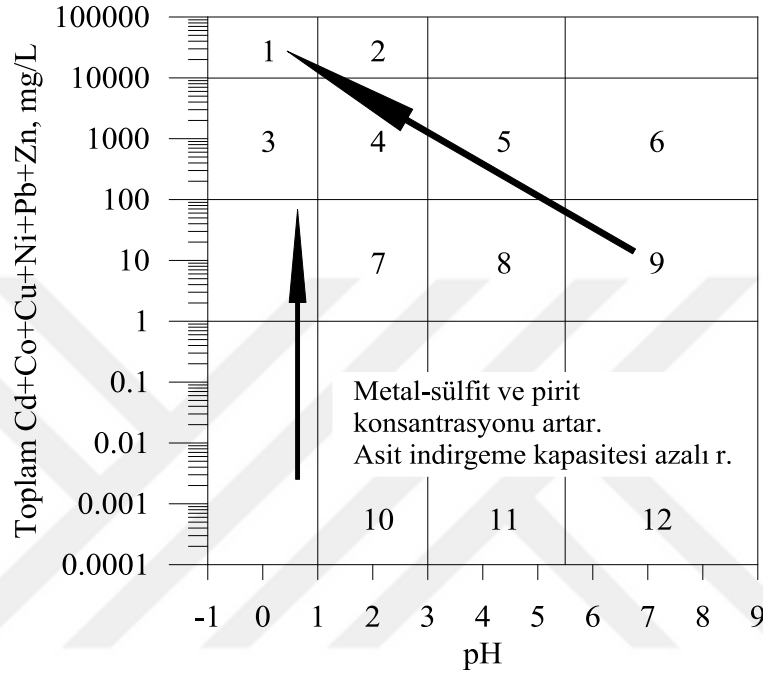
Doğal sularda Zn az miktarda bulunmakta olup fazlası suya ilaç tadı vermektedir. Zn korozyona neden olan bir diğer elementtir. Litrede 5 mg'dan fazla Zn opalesans görünümüne (mavi ile sarımsı turuncu arasında mat yanardöner renk) neden olmaktadır. Bu değerlerin üzerindeki konsantrasyonlarda kaynatılma ile yağlı film tabakası oluştururlar (Güler vd., 1997).

1.4.2. Suların Metal Yüklerinin Asitlik Derecesiyle Belirlenmesi

Ficklin vd. (1992) asitlik dereceleriyle metal yükleri arasındaki ilişkiyi belirten, kendi adını verdikleri (Ficklin Diyagramı) bir diyagram hazırlamışlardır (Şekil 1.4). Ficklin diyagramının x ekseninde pH, y ekseninde toplam Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn (mg/L) konsantrasyonları yer alır. Ficklin vd. (1992) diyagramda y ekseninde değerler arttıkça ve bununla birlikte x ekseninde değerler azaldıkça ortamın metal sülfid ve pirit konsantrasyonunda artış olduğunu iddia etmektedir. Bununla birlikte ortamın asitliği artmakta ve asitliği indirgeyen minerallerin işlevi azalmaktadır. Bu diyagramla çalışılan suların metal yükü ve asitlik ilişkisi ortaya konmaktadır. Bu ilişkiye göre:

- 1 numaralı alan ultra asit, ultra metali,
- 2 numaralı alan yüksek asit, ultra metali,
- 3 numaralı alan ultra asit, aşırı metali,
- 4 numaralı alan yüksek asit, aşırı metali,
- 5 numaralı alan asit, aşırı metali,
- 6 numaralı alan nötr, aşırı metali,
- 7 numaralı alan yüksek asit, yüksek metali,
- 8 numaralı alan asit, yüksek metali,
- 9 numaralı alan nötr, yüksek metali,

10 numaralı alan yüksek asit, düşük metali,
 11 numaralı alan asit, düşük metali,
 12 numaralı alan nötr, düşük metali
 ifade etmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Ficklin diyagramı (Ficklin vd., 1992)

Ayrıca bu diyagramda sorgulama metaller bazında da yapılabilmektedir. Bu yöntemle o metalin hangi özellikler sınırında aranıp bulunabileceği de ortaya konulabilmektedir.

1.5. Sediment Kirliliği

Fiziksel ve kimyasal etkenlerle parçalanmış taşların ve/veya organik materyallerin (sücul canlıların ölümleri, atıkları) su içerisinde taşınması, çökmesi sonucu oluşan toprak, kum, organik madde ve diğer minerallere sediment denir. Bu özellikleri ile sedimentler bulunduğu bölgenin kaya ve çevre kirlilik özelliklerini yansıtmaktadırlar. Sediment formasyonu su ile devamlı bir etkileşim halinde bulunmasından dolayı devamlı bir fiziksel

veya kimyasal etkileşim altındadır. Dolayısıyla ağır metaller sediment formasyonu içerisinde sürekli ve sabit değildir (Akgün, 2015).

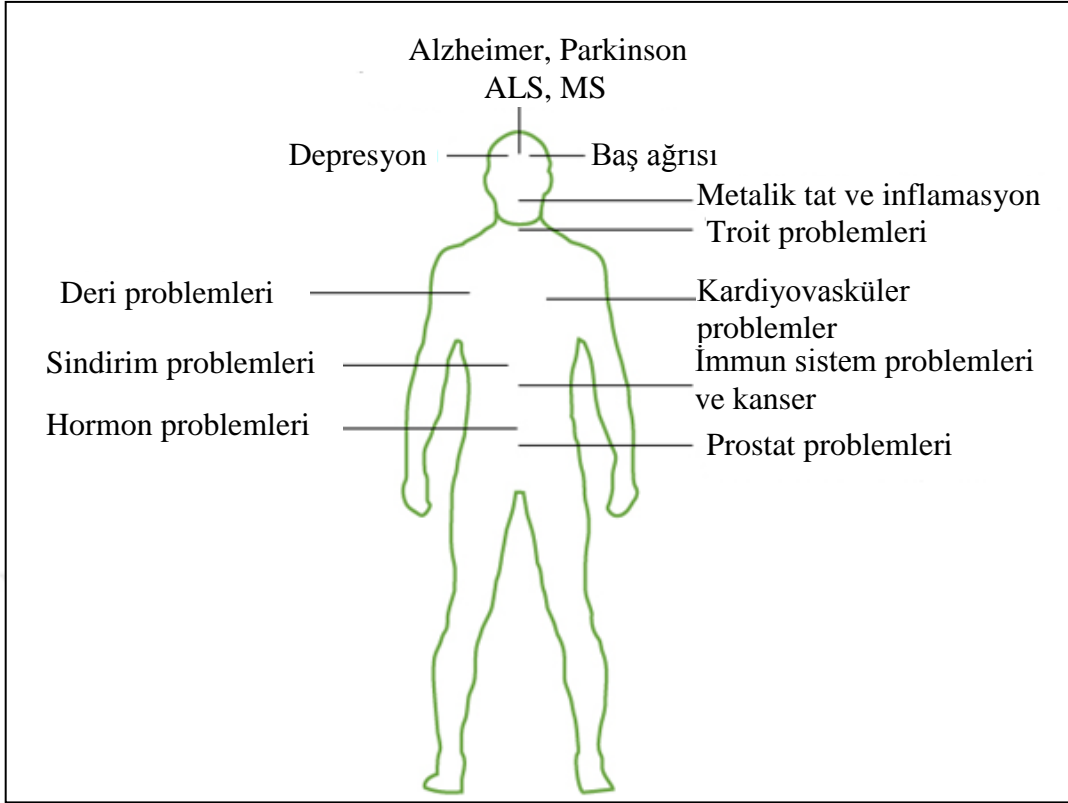
Sediment canlılar için yaşam alanı olduğundan, sedimentteki kirlilik canlıları ve içinde bulunduğu akarsuyun yayılımına bağlı olarak ulaşabildiği toprakları ve diğer bitkileri de etkisi altında bırakmaktadır. Su yatağının tabanına çöken inorganik maddeler balık yumurtaları ve diğer su canlılarının larvalarının gelişimini engellerken su dibinden beslenen canlıların besin zincirini kırar. Su yatağının tabanına çöken organik maddeler ise zamanla parçalanarak (ayrışma, çürüme gibi) ortamın oksijensiz kalmasına neden olmaktadır. Oksijensiz ortam bazı istenmeyen organizmaların çoğalmasına neden olur. Oksijensiz ortam aynı zamanda H₂S (hidrojen sülfür), CO₂ (karbondioksit) ve CH₄ (metan) gazlarının ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır (Karpuzcu, 1994).

1.6. Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Yönünden İncelenmesi

Tıpta ağır metal, atomik ağırlıklarına bakılmaksızın tüm toksik özellik taşıyan metaller olarak tanımlanır. Altmıştan fazla element ağır metallere örnek olarak verilebilse de en sık rastlanan ve en çok tanınan Civa (Hg), Mangan (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Gümüş (Ag) ve Selenyum (Se)'u ağır metal olarak söylenebilir (Aslam vd., 2011, Ağcasulu 2007, Kahvecioğlu vd., 2007).

Elementler vücut ağırlığının yaklaşık %4'ünü kapsarlar. Elementlerin vücuttaki rolleri yapıcı ve düzenleyici olmak üzere ikiye ayrılır. Element, hücrenin önemli bir parçası ise rolü yapıcıdır. Örneğin, kalsiyum, fosfor ve magnezyum diş ve kemik yapısında, sülfür saçta ve insülinde, demir hemoglobinde kan yapıcı olarak, klor da midedeki hidroklorik asitte bulunur. Çinko ise bedeni mikroplara karşı koruduğu gibi, büyüme ve gelişme için de çok gereklidir. Elementlerin düzenleyici rolleri, vücudun asit-baz dengesi, su dengesi, kas kasılması, sinir iletimi gibi işlevlerde görev almaları ve enzimlerde kofaktör olarak yer almaları ile ilgilidir. Elementlerden kalsiyum, demir, iyot ve flor besinlerle yeterince karşılandığında tüm makro ve mikro elementler de karşılanmış olur (Kutluay Merdol, 2019).

Ağır metaller genel olarak insan sağlığı üzerinde sindirim sistemi, sinir sistemi, hareket sistemi, hormonlar, bağışıklık sistemi üzerinde etkilidir. Ağır metallerin fizyolojik etkileri yanında psikolojik etkileri olduğu da görülmektedir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Ağır metallere bağlı semptomlar (Özbolet ve Tuli, 2016)

1.6.1. Bakır (Cu)

Bakır elementi organizma için gereklidir ve günlük referans tüketim miktarı maksimum 0.5 mg/kg'dır (WHO, 1996). Eksikliğinde anemi, saç ve deride renk kaybı (hipopigmentasyon), anormal kaynaklı iskelet oluşumu, kırılabilirlik ve osteoporoz, damar anomalileri ve çelik saç gibi hastalıklar, fazla miktarlarda alımlarda ise bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı, karaciğer ve böbrek yetmezliği, sarılık, taşikardi, vasküler çöküş ve ölüm gözlenebilmektedir (WHO, 1996).

1.6.2. Kurşun (Pb)

İnsan faaliyetleri ile ekosisteme zarar veren ilk metal kurşun elementidir. Çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizlerinde günümüz insanı kemiklerinin atalarımızdakine oranla 500-1000 katı kadar fazla kurşun içerdiğini göstermektedir

(Kahvecioğlu vd., 2007). Ülkemizde kurşun zehirlenmeleri iş hastalığı nedenleri arasında ilk sıradadır (Dündar ve Aslan, 2005).

Normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kurşunu vücudun dışına atabilmektedir (Kahveciođlu vd., 2007). Fakat maruziyet sürdükçe ince bağırsaklar kurşun, kalsiyum, fosfor, demir ve bakır gibi elementler arasında ayırım yapmadığından kurşunun varlığı kalsiyum gibi gerekli elementlerin alımını kısıtlamaktadır. Kandaki kurşun derişiminin yetişkin ve çocuk bireylerde meydana getirdiği etkiler Şekil 1.6'da gösterilmiştir. Kurşun zehirlenmesinden korunmak için maruziyetin engellenmesi (Bakar ve Baba, 2009; Dündar ve Aslan, 2005) ve kalsiyum gibi elementlerin yeterli ve dengeli alımı yapılmalıdır (Özbołat ve Tuli, 2016).

<u>KANDA KURŞUN DERİŞİMİ</u>			
(µg/dL)			
µg/dL	<u>COCUKLARDA</u>	<u>YETİŞKİNLERDE</u>	µg/dL
80-120	Böbrek: Atrofi ve interstisyel nefrit	Ölüm	>130
80-100	Sinir sistemi: Ensefalopati	Sinir sistemi: Ensefalopati	100-120
60-100	Gastrointestinal: Kolik	Böbrek: Atrofi ve interstisyel nefrit	40-100
20-40	Hematolojik sistem: Anemi	Gastrointestinal: Kolik	40-60
10>	Sinir sistemi: Duygusal defisit, IQ ve öğrenme bozukluğu	Hematolojik sistem: Anemi	50
		Üreme sistemi: Testiküler Atrofi, Hipospermi	40-50
		Sinir sistemi: Duygusal defisit, IQ ve öğrenme bozukluğu	40
		Kalp ve damar sistemi: Hipertansiyon	>7

Şekil 1.6. Kandaki kurşun seviyelerine göre karşılaşılan sağlık sorunları (Özbołat ve Tuli, 2016)

1.6.3. Çinko (Zn)

Çinko elementi DNA yapısında bulunmasından dolayı oldukça elzem bir elementtir. Geçici olarak tolare edilebilen günlük maksimum alım miktarı 1 mg/kg'dır (WHO, 1982). Biyokimyasal işlevleri; hemoglobin sentezi, kollajen metabolizması, kemik gelişimi,

büyüme ve üremedir (Devrim, 2016). Anne sütü kandakinin yaklaşık on katı fazla derişimde çinko içermektedir.

Eksikliği durumunda bozulmuş yara iyileşmesi, gelişme geriliği, iskelet anomalileri, impotans, diyare, enfeksiyonlara yatkınlık görülürken aşırı alıma bağılı olarak ataksi, pankreatit, anemi, ateş, bulantı, kusma gibi toksik etkilere neden olmaktadır (Devrim, 2016). Denek hayvanlar üzerinde kanserojenik etkisi saptanmıştır (Vural, 1993).

1.6.4. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum vücut için gerekli bir element değildir (Kahvecioğlu vd., 2007). İnsan vücudunda çinko elementinin yerini alarak, çinko emilimini azaltır ve zamanla böbreklerde birikerek geri dönüşümsüz böbrek hasarı oluşturmaktadır (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010, Kahvecioğlu vd., 2007).

1.6.5. Cıva (Hg)

Cıva insan sağılığı için gerekli olmayan elementtir. Element halindeyken toksik olmamakla birlikte bileşikleri toksik etki göstermektedir. Böbrekler en çok etkilenen organlardır (Devrim, 2016). Cıva zehirlenmesi sonucunda akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar ve böbrek hasarı oluşmaktadır. Bununla birlikte kronik zehirlenme sonucunda diş etleri iltihabı, titreme, psikolojik değışiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir (Bakar ve Baba, 2009).

1.6.6. Arsenik (As)

En iyi bilinen zehir olan arsenik elementi karsinojendir (Devrim, 2016). Arsenik emildiğinde öncelikle karaciğer, akciğer, böbrek ve kalpte depolanmaktadır. Tipik bulgular deri-tırnak değışiklikleri, hiperkeratoz, hiperpigmentasyon, dermatitler, nöropatiler olarak özetlenebilir. Ayrıca sürekli ve yüksek oranda arseniğe maruz kalınması halinde kangren (blackfoot), beyin ve kalp dışında vücudun diğer kısımlarında görülen damar rahatsızlığı (peripheral vascular disorder) ve cilt kanseri ortaya çıkabilmektedir (Özbolat ve Tuli,

2016). Arseniğin 70-180 mg alınması canlılarda öldürücü etki göstermektedir (Demirci, 2007).

1.6.7. Demir (Fe)

Demir insan için elzem bir elementtir. Kana kırmızı rengi veren hemoglobinin yapısında yer almaktadır. Hemoglobin ise akciğerlerden dokulara oksijen iletir. Demir elementi kasların da yapısında yer almaktadır. Kaslarda yer aldığı yapı miyoglobindir (Kutluay Merdol, 2019; Devrim, 2016).

Demir eksikliğinde dolaşımdaki total hemoglobin miktarı azalır ve sonuç olarak kanın oksijen taşıma kapasitesi düşer. Kansızlığı olan kişinin iş performansı ve egzersiz toleransı azalır. Halsizlik, iştahsızlık, pika (besin dışı maddeler yeme), özellikle pagofaji (buz yeme) oluşur. Büyüme geriliği, epitel dokuda (bedeni dıştan ve içten kaplayan deri tabakası) bozukluklar, mide asit salgınlmında azalma görülür. Deri soluk, tırnaklar ince ve kaşık görünümündedir (kaşık tırnak) (Kutluay Merdol, 2019).

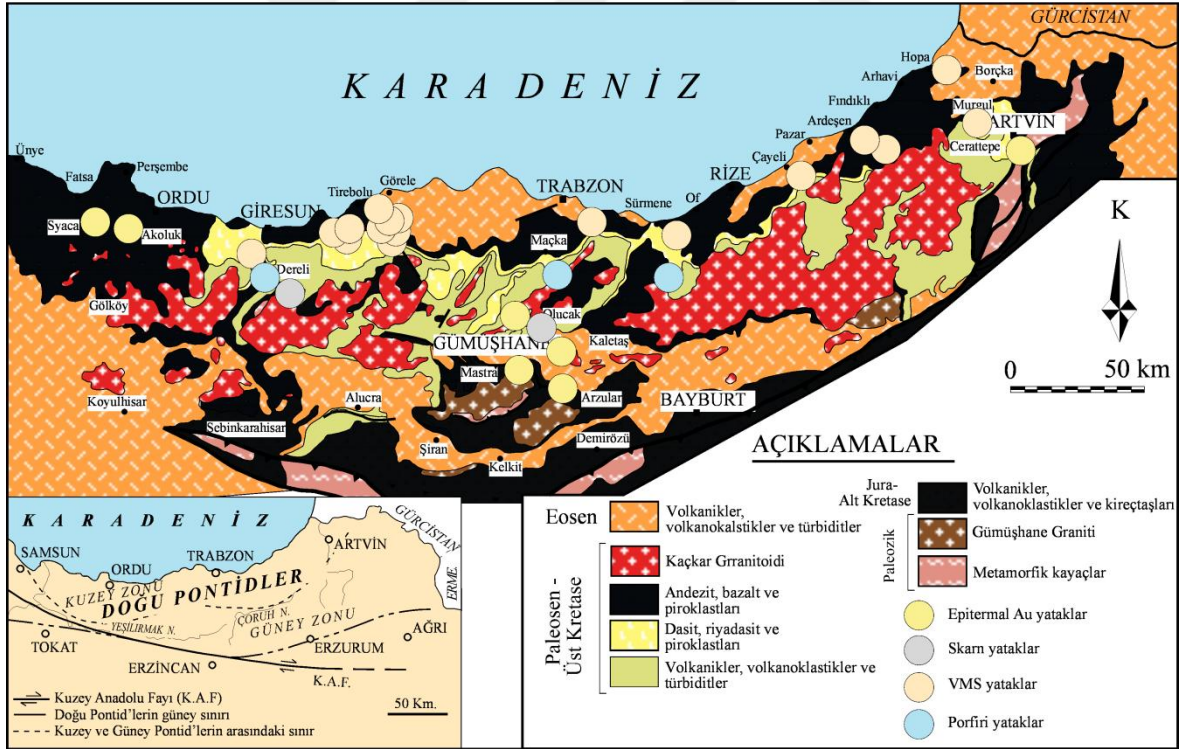
Demir zehirlenmesinde; karaciğer yetmezliği, kardiyomiyopati (kalp yetersizliğine neden olan kalp kası bozukluğu), periferik nöropati (periferik sinirlerin zarar görmesi sonucu oluşan uyuşukluk, zayıflık, ağrı) gibi rahatsızlıklar görülebilmektedir (Devrim, 2016).

Yemeklerde fazla çay tüketimi, demir emilimini azalttığından özellikle kansızlık teşhisi konulduğunda yemeklerle birlikte çay tüketiminden kaçınılmalıdır. Buna karşın askorbik asit (C vitamini) ve sitrik asit (limon asidi) demir emilimini arttırıcı etki göstermektedir (Kutluay Merdol, 2019).

2. JEOLJİK YERLEŞİM

2.1. Bölgesel Jeoloji

Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn yatağı Doğu Pontid tektonik birliği içinde yer almaktadır. Özsayar vd. (1981), yaptıkları incelemelerde Doğu Pontid'in kuzeyinde daha çok magmatik ve volkanotortul birimlerin, güneyinde ise daha çok tortul birimlerin hakim olduğunu gözlemleyerek bölgeyi Doğu Pontid Kuzey Zon ve Doğu Pontid Güney Zon olarak ikiye ayırmıştır. Bektaş vd. (1995), iki zon arasında bulunan Alpin tip peridotitlere dikkat çekerek alanı yeniden zonlara ayırmıştır. Buna göre Doğu Karadeniz Bölgesi kuzeyden güneye doğru Kuzey Zon, Eksen Zon ve Güney Zon olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Bölgesinin basitleştirilmiş bölgesel jeolojik haritası ve bazı yatakların konumu (Güven, 1993'ten değiştirilerek).

Adamia vd. (1981) ve Gealey (1988)'e göre Tetis okyanus kabuğunun Laurasia, Şengör ve Yılmaz (1981)'e göre ise Tetis okyanus kabuğunun Gondwana kıtası altına

dalmasıyla Doğu Karadeniz Bölgesi bugünkü şeklini almıştır. Adamia vd. (1977) ve Tokel (1977) 'e göre bu yitim zonu kuzeye dalımlı, Bektaş (1984)'e göre ise güneye dalımlıdır.

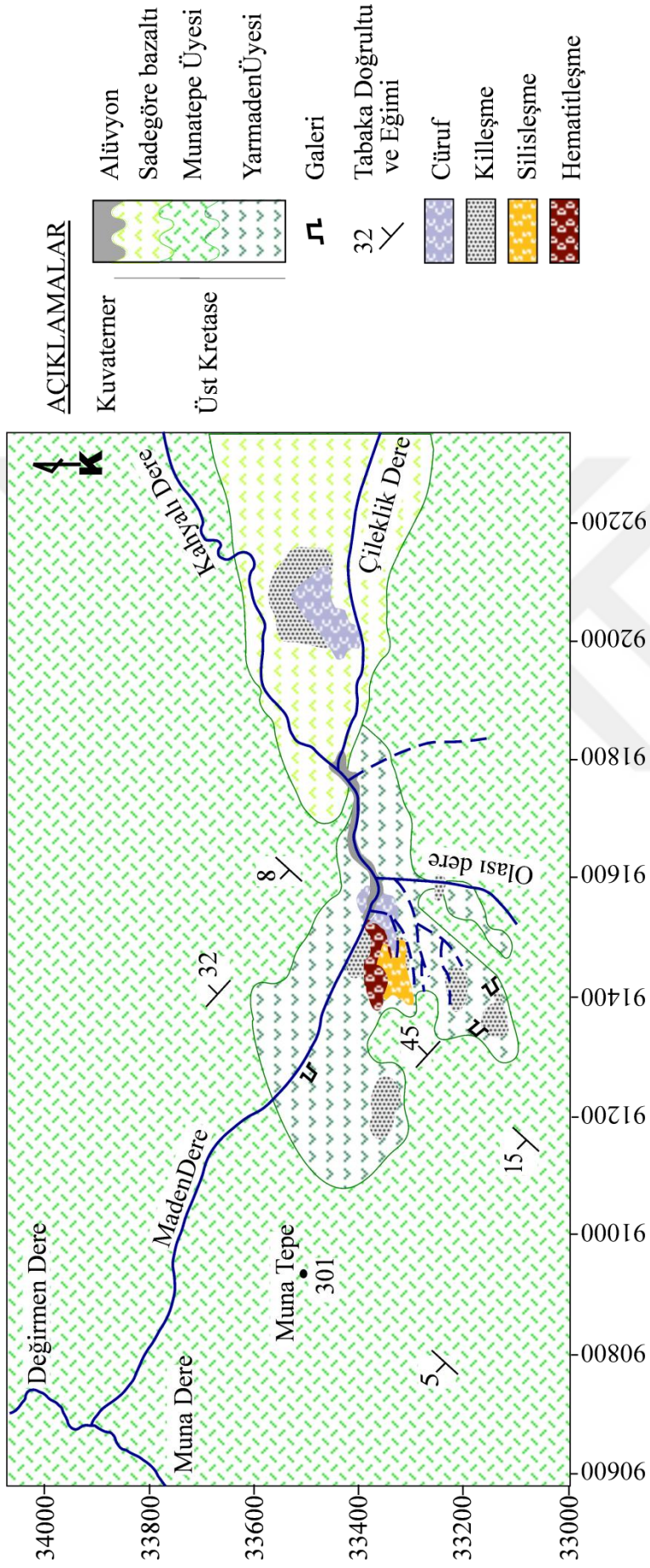
Kuzey Zon temelde Liyas-Alt Kretase yaşlı bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan 'Alt Bazik Volkanik Seri' ile başlamakta (Shultze-Westrum, 1961), mercekler şeklinde görülen Dogger-Alt Kretase yaşlı, gri renkli kireçtaşları ile devam etmektedir (Gedikoğlu, 1978; Bulut, 1989; Taslı, 1984). Bunların üzerine uyumsuz olarak ekonomik açıdan önem arz eden Üst Kretase yaşlı dasit, dasitik tüfler gelmektedir (cevherli dasit). Bunlara da 'Alt Asitik Seri' ya da 'Alt Dasitik Seri' denmektedir. Cevherleşme içermeyen mor dasitler, kireçtaşı, marn, kumtaşı, tuf ve aglomeralardan oluşan volkanotortullar ise 'Üst Asidik Seri'yi oluştururlar. En üst seviyelerde ise Tersiyer yaşlı bazalt, andezit ve volkanotortul birimlerden oluşan 'Üst Bazik Seri' görülmektedir (Leitch, 1975). Son olarak da bölgede Kuvaterner yaşlı alüvyonlar en genç birimi oluşturmaktadır.

2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn madeni Üst Kretase yaşlı 'Alt Asidik Seri'de yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde bu seriye ait iki üye yer almaktadır. Bunlardan en yaşlı olanı Yarmaden Üyesidir. Çalışma alanının cevher taşıyıcı serisi 'Cevherli dasit, tuf-breşler' ile stratigrafik olarak üst seviyesinde yer alan 'Steril dasitik tuf-breşler' bu üyeye aittirler. Bu üyenin yaklaşık kalınlığı 500 m olarak verilmiştir. Bunu uyumlu olarak Munatepe Üyesi üstlenmekte ve bu üyenin yaklaşık kalınlığı ise 100 m olarak belirlenmiştir (Altun, 1984). Bu seriyi uyumsuz olarak yaklaşık 100 m kalınlığa sahip olan Sadegöre Bazaltı örtmektedir. Alanın en genç birimi Kuvaterner yaşlı alüvyondur (Şekil 2.2). Birim, drenaj ağının çoğu kesiminde gözlenmemektedir (Şekil 2.3).

M E S O Z O Y İ K		ÜST SİSTEM	LİTOLOJİ	KALINLIK	AÇIKLAMALAR
KRETAŞE	Kuvaterner				
	ÜST KRETAŞE	Alüvyon		~0.5 m	Çakıl, kum, kil
Murtat Formasyonu		Sadegöre Bazaltı		~100 m	Siyah ve yeşilimsi görümlü, sert, kolon debili, eksfoliasyon yapılı bazalt
Yarmaden		Munatepe		~100 m	Andezit, dasit, tüf, breş, riyodasit
				~500 m	Steril dasit, tüf, breş Harkköy Cu-Pb-Zn yatağı Cevherli dasit, tüf, breş

Şekil 2.2. Çalışma alanına ait stratigrafik kolon kesit (ölçeksiz)



Şekil 2.3. Çalışma alanının jeoloji haritası (Şarman, 1975, Altun, 1984'den düzenlenmiştir.)

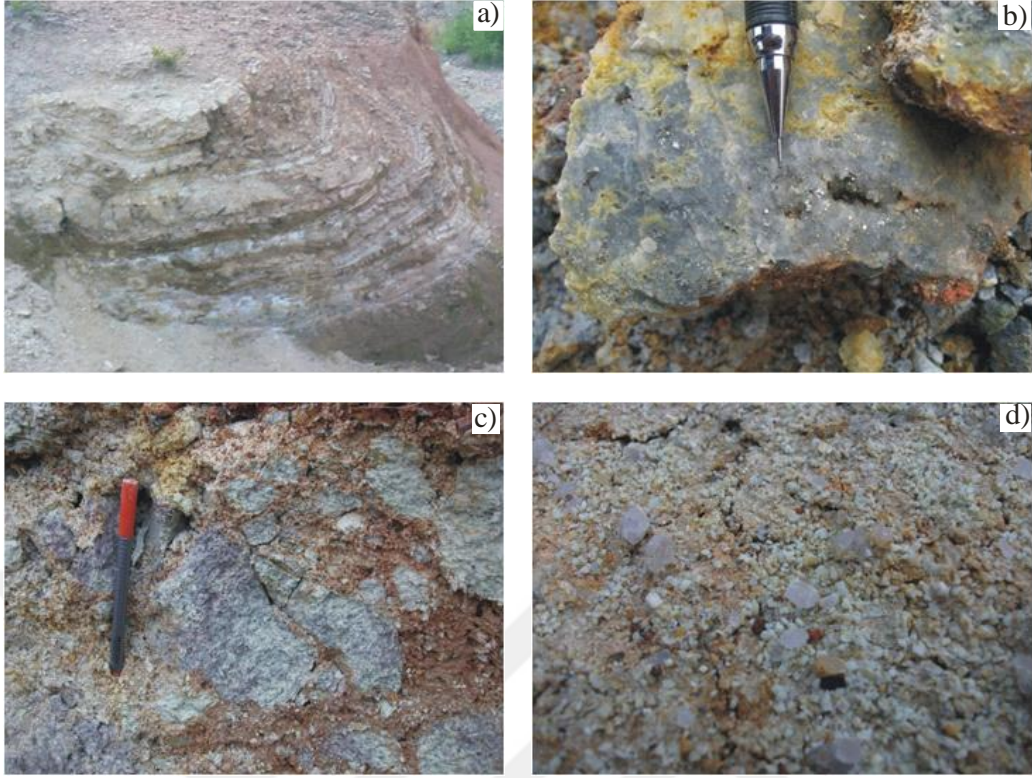
2.2.1. Yarmaden Üyesi

Çalışma alanının cevher taşıyıcı üyesidir. (Şarman, 1975; Altun, 1984). Kendi içinde cevherli dasit, tuf ve breşler ve steril dasit, tuf ve breşler olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Şekil 2.4). Cevherli dasit, tuf ve breşler Maden Dere'nin çoğunlukla güney kesiminde yüzeyleme vermektedir ve yoğun killeşme, baritleşme ve silisleşme ile karakterizedirler (Şekil 2.5). Baytekin ve Açıkalın, (1980) steril dasit tuf ve breşlerin cevherli dasit tuf ve breşlerin üst yüzeyinde bulunan paleotopografik çukurlukları doldurduğunu ve cevherli dasitin üzerine yayıldığını ifade etmişlerdir (Şekil 2.6). Çoğu durumda ayrışmadan dolayı kayacın genel karakteri tamamen bozulmuşken ayrışmanın gözlenmediği kesimler sarı kahverengi tonlardadır.

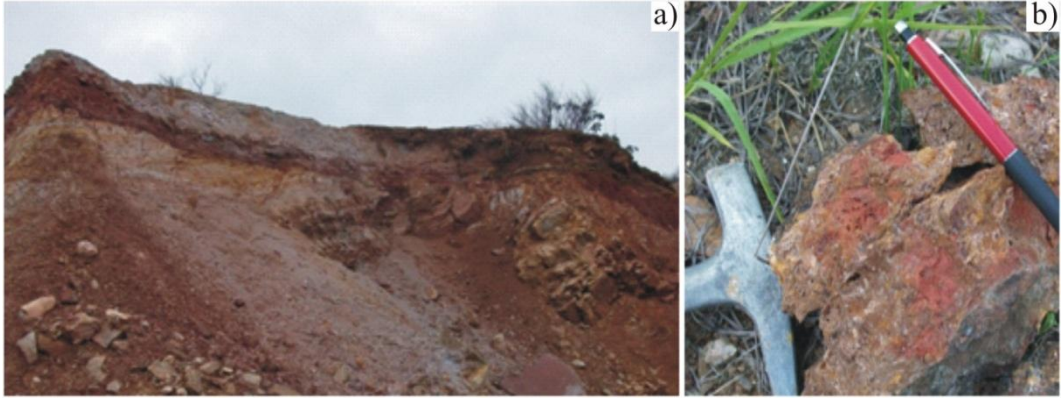


Şekil 2.4. Harkköy madeninin genel görünümü. (Beyaz alanlar ayrışma zonlarına karşılık gelmektedir. Resim GB yönüne doğru çekilmiştir.)

İçli vd., (2009) ve Baytekin ve Açıkalın (1980) yaptıkları çalışmalarda kıvrım ve fay tektoniğine uğradığından dolayı üyenin domlardan ibaret olduğunu belirtmiştir. Ayrıca sahanın tam ortasından D-B yönlü bir antiklinalin varlığından söz edilmektedir (İçli vd., 2009).



Şekil 2.5. Temel birimlerde gözlenen a) kıvrımlanma b) silisleşme, hematitleşme ve kükürt birikimi, c) ayrılmış breşler d) tamamen bozunmuş ve kuvarsları kalmış dasit



Şekil 2.6. a) Steril dasit tuf ve breşlerin maden sahası içinde kıvrımlanmış cevherli dasitleri üstlenmesi b) yoğun hematitleşme ve limonitleşme

2.2.2. Munatepe Üyesi

Birbiriyle ardalanmalı andezitik tuf-tüfit, dasitik tuf, kireçtaşı ve hematitli tüfitlerden ve yer yer riyodasit sokulumlarından oluşmuştur (Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9). Seri içinde kireçtaşları marnlı ve dolomitli gözlenebilmekte ve killi ve demirli dolomitler de

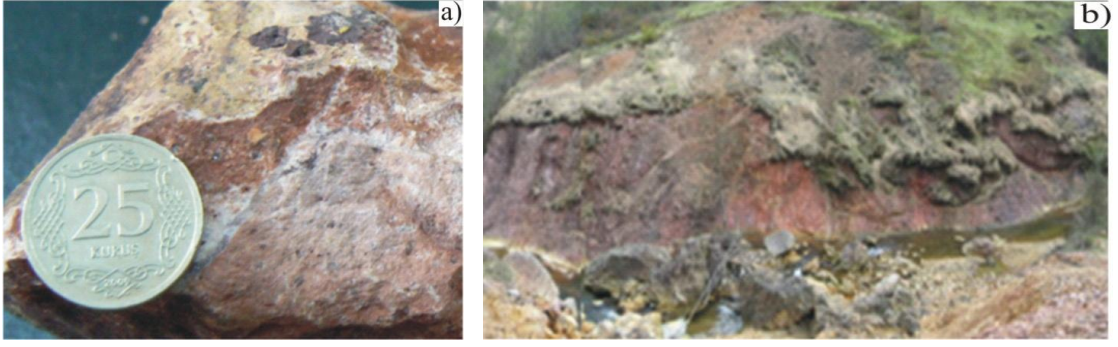
bulunabilmektedir. Bu birim çalışma sahasının % 80'ini kapsamaktadır (Şekil 2.3) (Baytekin ve Açıkalın, 1980). Vadilerde riyodasitlere ait hematitleşmeler görülmektedir ve pembe renklidir (Şekil 2.9).



Şekil 2.7. Munatepe üyesininin taban kesimlerinin arazideki görünümü (andezitik tuf-tüfit, dasitik tuf)



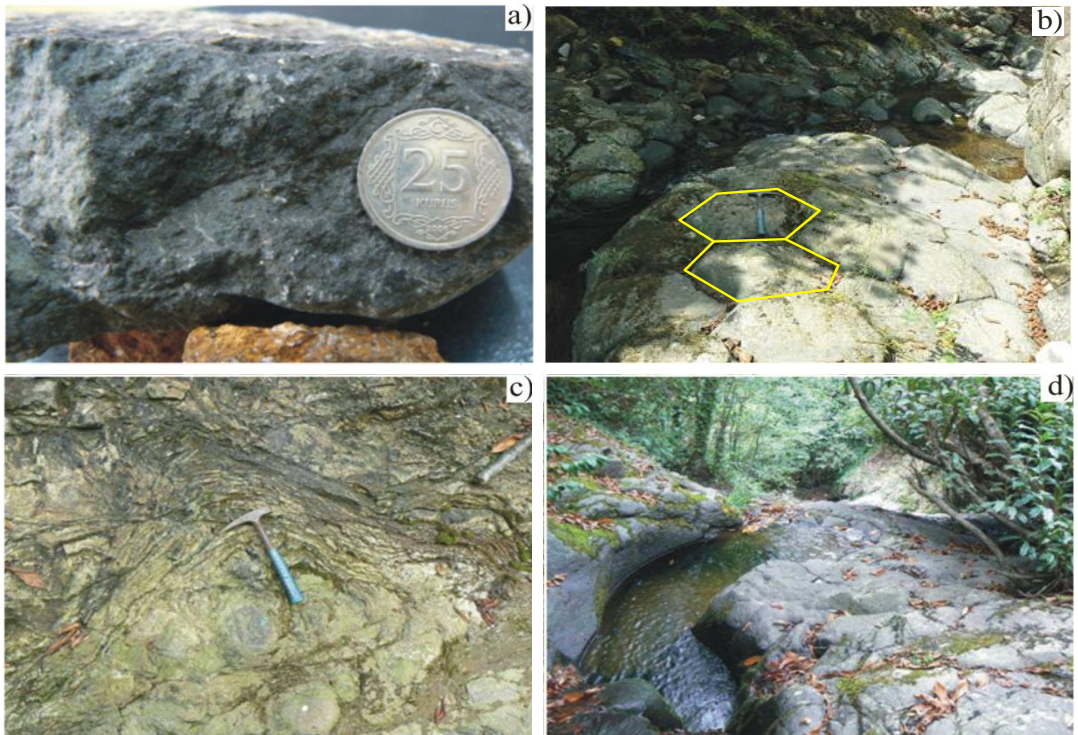
Şekil 2.8. Munatepe üyesine ait kireçtaşlarının arazideki görünümü



Şekil 2.9. Riyodasitin el örneğinde ve arazideki hematitleşmiş görünümü

2.2.3. Sadegöre Bazaltı

Çalışma sahasının doğusunda Kahyalı Dere ile Çileklik Dereleri içine alacak şekilde yüzeyleme vermektedir (Şekil 2.3). Siyah ve yeşilimsi görünümlü sert yapılıdır (Şekil 2.10a). Kolon debili (Şekil 2.10b) ve eksfoliasyon yapılarıyla (Şekil 2.10c) karakteristiktirler. Arazinin doğusunda yer yer gözlenen sarp kesimler bazaltlar sayesinde şekillenmişlerdir (Şekil 2.10d). Birim Üst Kretase yaşlıdır (Altun 1984).



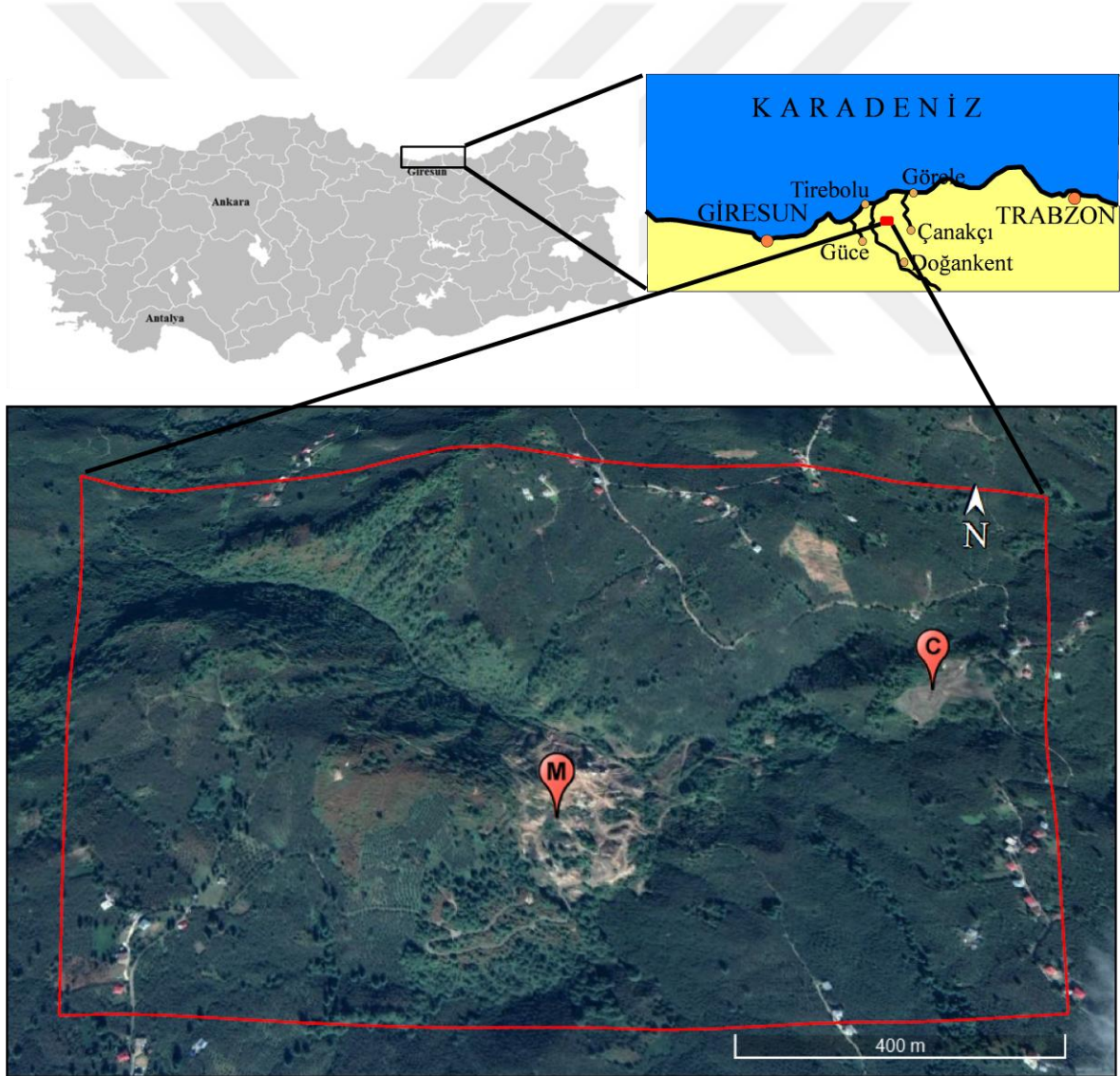
Şekil 2.10. Çalışma alanındaki bazaltın a) el örneğinde görünümü b) kolon debili yapısı c) eksfoliasyon yapısı d) arazide oluşturduğu yükseltiden bir görünüm

2.2.4. Alüvyon

Çalışma sahasının en genç birimidir. Kuvaterner yaşlıdır. Maden Dere üzerinde yüzeyleme vermektedir. Kum, çakıl ve molozlardan oluşmaktadır.

2.3. Çalışma Sahalarının Genel Özellikleri

Harkköy Madeni ve çevresi 1/25000 ölçekli Giresun G_{41-b2} paftasında yer almaktadır. Çalışma sahası Giresun ilinin Tirebolu ilçesinin 8 km güneydoğusundaki Harkköy köyünde yer alan yaklaşık olarak 1.60 km² lik (~1000 m × 1600 m) bir alandır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Harkköy madenine ait yer bulduru haritası. M: maden sahası, C: cüruf sahası

Söz konusu maden de bu inceleme alanı içerisinde. Çalışma sahasına Tirebolu D010 karayolundan Erzurum-Gümüşhane D877 karayoluna sapılarak yaklaşık 12 km sonra Karaahmetli Köyü stabilize yolu ile ulaşabilmektedir. Harkköy köyünden madene giden yol maden işletmesinin açtığı çakıllı ve yer yer cürüflü bir yoldur.

2.3.1. Jeomorfoloji, Bitki Örtüsü ve İklim

İnceleme alanın doğusunda Çileklik Dere ile yer yer şelaleler oluşturarak akan Kahyalı Dere birleşerek Maden Dere'ye; doğuda ise, Muna Dere ile Maden Dere birleşerek Değirmen Dereye kavuşmaktadırlar. Dere alüvyonuna maden civarında rastlanabilmektedir. Derelerin göstermiş olduğu bütün bu özellikler topografyanın nispeten olgunlaşmamış olduğunun göstergesidir. Bu vadilerde eğim artarak 45°'yi bulur. En yüksek rakım 301 metre ile Muna Tepe'dir.

Bölgenin bitki örtüsünü vadilerde yoğun ormanlar, diğer yerlerde yöre halkının geçim kaynağı fındık bahçeleri oluşturur. Ormanlarda kestane, kızılgağaç, meşe gibi ağaçlar vardır. Ağaçların arasını böğürtlen ve orman gülleri doldurmuştur. Killeşmenin yoğun görüldüğü sahalara çorak kalmışlardır.

Toprak örtüsü genel itibariyle nemlidir ve vadilerde kalınlık değerleri minimum seviyededir. Zonlanma genel itibariyle iyi gelişmiştir fakat vadilerde eğimin yüksek olması nedeniyle çakıllı özelliğiyle karakteristik C zonu yüzeyleme vermektedir. Siyah renkli humus zonu, kahve renkli A ve sarımsı kahve renkli B zonlarının kalınlığı da vadilerden uzaklaştıkça artar ve bu değer 40 cm'ye kadar ulaşmaktadır.

İklim bakımından Karadeniz Bölgesi iklim özellikleri bu yörede hakimdir. Bölge her mevsim yağış almaktadır. Yaz ayları sıcak ve nemli, kış ayları ılık ve yağışlıdır.

2.3.2. Maden Atıkları ve Cevherleşme

Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn madenine ait 3 adet galeri içleri su dolu ve ağızları tel kafesle kapatılmış olduğundan inceleme yapılamamıştır (Şekil 2.12). Makro örneklerde pirit gözlenirken geçmiş çalışmalarda cevher minerallerinin çoğunlukla kalkopirit, az oranlarda galen, sfalerit, kalkozin, kovellin, enarjit ve luzonit olduğu

bildirilmektedir (İçli vd., 2009, Baytekin ve Açıkalın, 1980). Gang minerali olarak kuvars, serisit, kalsit, dolomit, barit, kil ve feldspat içermektedir (Baytekin ve Açıkalın, 1980).

Harkköy madeninde pasalar eski galeri ağzlarında yığın olarak gözlenebilmektedir (Şekil 2.13). Galerilerin hemen önlerinde yer alan piritli kütleler ve arazide mostra veren cevherli dasitler incelendiğinde literatürde bahsedilen cevher yapıları gözlenebilmektedir. Bu cevher yapıları benekli, ağsal, saçınımlı ve breş dolgusu şeklindedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.12. a) ana galerinin görünümü b) topoğrafyaca üst kesimde yer alan küçük galerinin görünümü c) Munatepe Üyesine ait çamurtaşı içinde açılan bir galerinin dış görünümü, d) Munatepe Üyesine ait çamurtaşı içinde açılan bir galerinin iç görünümü

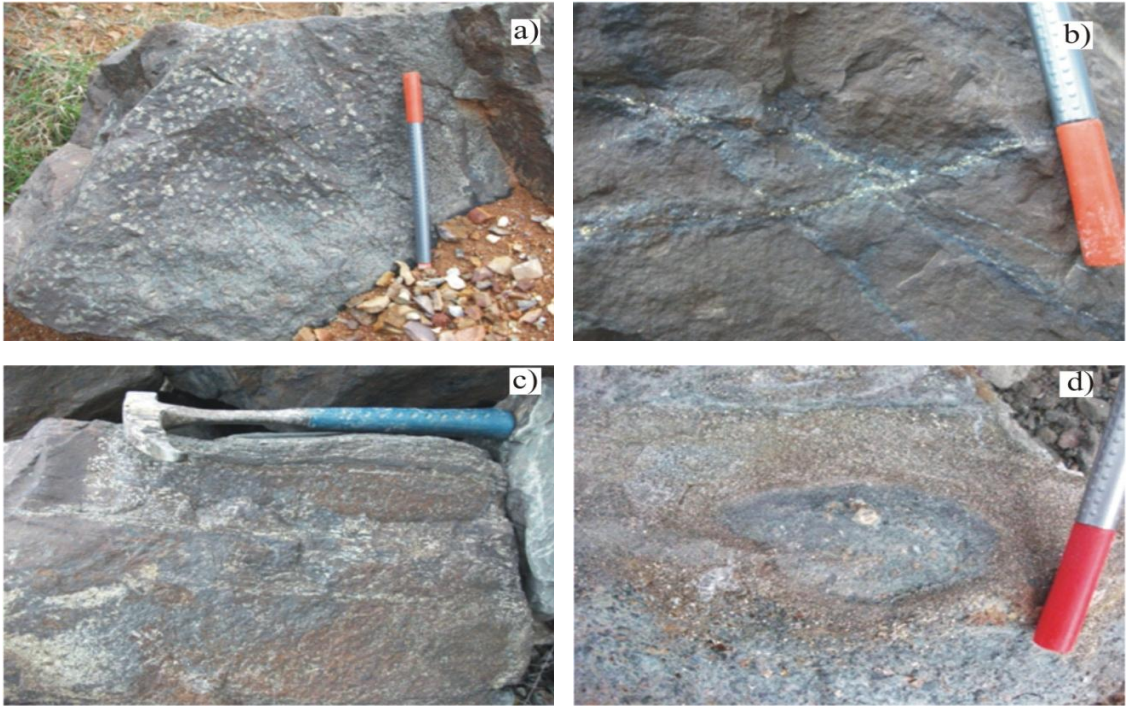
Madenin cürufları ise oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Cürufların bir kısmı (yaklaşık 70 m × 40 m) maden sınırları içinde, daha büyük bir kısmı ise (yaklaşık 120 m × 50 m) madenin 400 m doğusunda yığın şeklindedir (Şekil 2.11 C Noktası, Şekil 2.15).

Maden sahası içinde ikincil mineral oluşumu ilk olarak GAL örnek noktasından (büyük galeri ağzı) başlamaktadır (Şekil 2.16a). Maden içinde drenaj ağı oluşturularak asidik sular ile karışarak ilerlemektedir (Şekil 2.16b). Bu su, cürufların arasından ilerlemekte ve

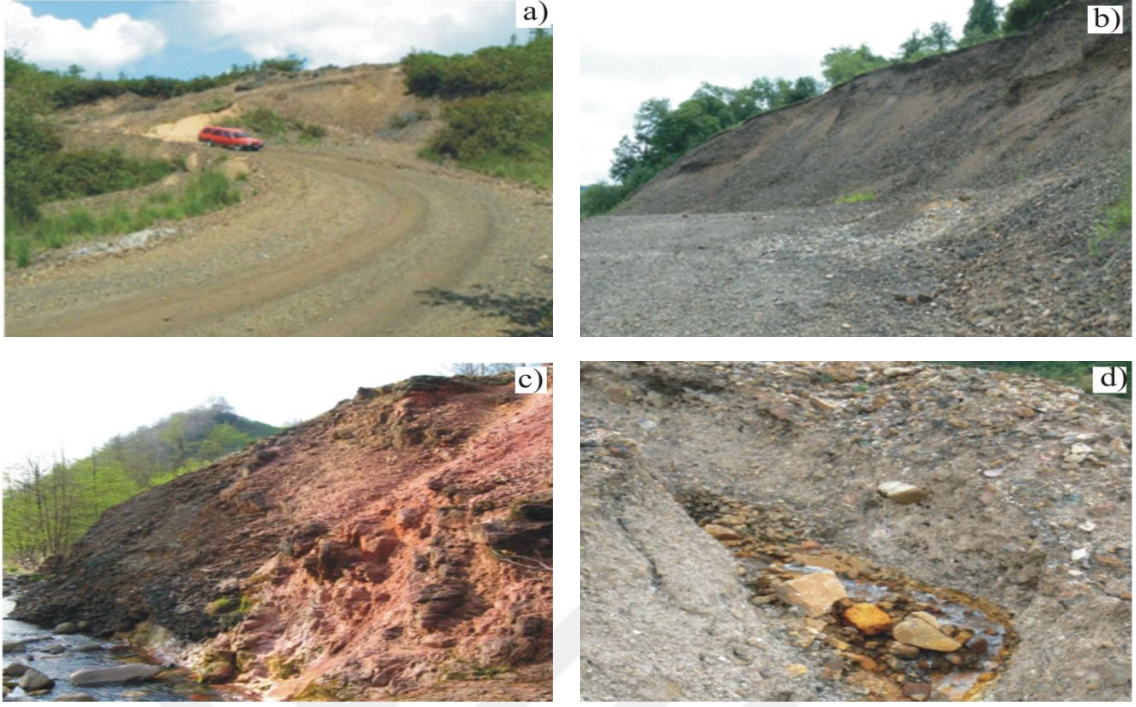
Maden Dere'ye ulaşmakta ve burada hızlı bir çözünmeye uğramaktadır. Aynı formasyon içinde yer alan M2 örnek noktasında yeniden ikincil mineral oluşumuna rastlanmıştır (Şekil 2.16c).



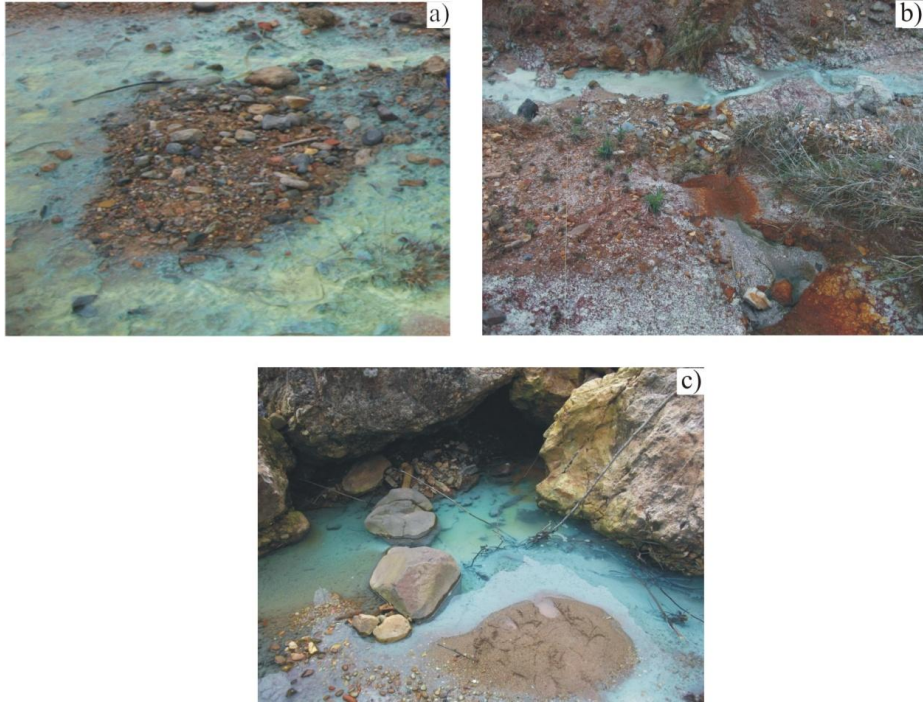
Şekil 2.13. Maden sahası içinde yer alan pasa yığınının görünümü



Şekil 2.14. Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn madeni atıklarında gözlenen a) benekli doku, b) ağsal doku, c) saçınımlı doku ve d) breş dolgusu yapıları

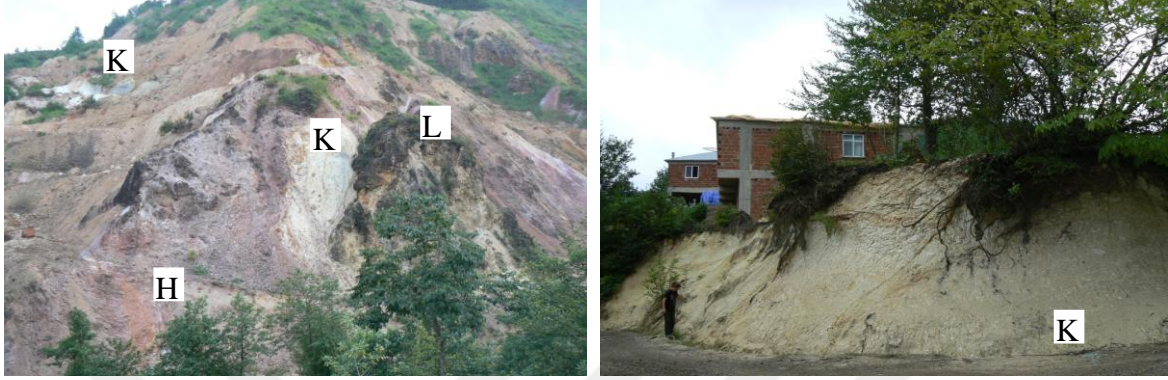


Şekil 2.15. a) ve b) madenin 400 m doğusunda bulunan cüruf yığını c) maden sahasındaki vadinin kuzey kesimde ve d) güney kesiminde cüruf yığımları



Şekil 2.16. a) ikincil mineralleşme örnek noktası (GAL), b) asidik suyun bazik suya döküldüğü nokta c) Maden Dere üzerinde örnek noktası (M2)

Çalışma sahasında killenmiş alterasyonun büyük kısmını kapsamaktadır. Hem maden içinde hem de cüruf yığınının civarında geniş bir yayılıma sahiptir. Maden içinde hematitleşme ve limonitleşmeler de gözlenmektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Maden içinde ve cüruf yığınınında gözlenen alterasyonların arazideki görünümü (K: killeşme, H: hematitleşme, L: limonitleşme)

2.4. Önceki Çalışmalar

Harkköy madenini de kapsayan yöreye ait, çok sayıda petrolojik ve petrografik çalışma bulunmaktadır. Kovenko (1936), Espiye-Görece ve Tirebolu civarlarındaki madenlerin jeolojisini incelemiş ve Harkköy madeninde 5000 ton kapasiteli bir cüruf yığınının bahsetmiştir. Kieft (1955) ve Maucher (1958), Tirebolu civarında yaptıkları çalışmalarda cevherleşmenin volkanik seri ile sedimanter seri arasında olduğunu belirtmişlerdir. Kutlu (1959), cevherleşmenin masif ve merceğimsi yapıda olduğunu ortaya koymuştur. Sawa ve Altun (1977)'a göre Doğu Karadeniz Bölgesindeki masif ve stokvork tip Cu-Pb-Zn yataklar kıvrım ve domlara bağlı olarak Geç Kretase-Paleosen yaşlı dasitik piroklastitlerin üst seviyelerinde gelişmiştir. Baytekin ve Açıkalın (1980), sahada KB-GD ve KD-GB doğrultulu iki kıvrım ekseninin olduğunu, buna bağlı olarak domların geliştiğini; Aslaner vd., (1982), ise cevherleşmenin bu domlar ile kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Köprübaşı (1992), Harşit vadisinde yer alan cevherleşmeleri magmatik hidrotermal kökenli polimetallik masif sülfid birikimleri olarak tanımlamıştır. İçli vd., (2009), “Doğu Karadeniz Bölgesindeki işletilen ve terk edilen maden yataklarının çevresel etkilerinin mevcut arazi yapılarıyla birlikte değerlendirilmesi” konulu raporunda Harkköy madeninden aldığı 5 adet su örneğinde pH, Cu, Pb, Zn ve As ölçümü yapmış ve sonuçlar

dedeksiyon limitlerinin altında çıkmıştır. Aynı zamanda sahanın tam ortasından geçen D-B doğrultulu bir antiklinal ekseninden bahsetmiştir.

Çalışma sahasını oluşturan Harkköy Madeni için ilk keşif çalışmaları 1936 yılında başlatılmış ve çeşitli araştırmacılarca bu aramalara devam edilmiştir. 1958 yılında MTA Enstitüsü tarafından 1978 yılı sonuna kadar sürdürülen sondajlı ve jeofiziksel (IP metodu) aramalardan sonra madenin tenör rezerv hesabı yapılmıştır (Baytekin ve Açıklan, 1980). Buna göre düzgün bir kesit sunmayan yatağın “görünür + muhtemel rezervi” 2,169,820 tondur. Tenörü %1.38 Cu, %0.47 Pb ve %1.75 Zn olmak üzere toplam %3.6 (Cu-Pb-Zn)’dır. Sahanın yüksek tenörlü bir maden olmadığına karar verilmiştir. Başka bir MTA raporunda 1974-1981 yılları arasında yapılan sondajlı aramalarda yatağın tenörünün %0.96 Cu, %0.94 Zn, %0.27 Pb ve rezervinin 6,213,958 ton olduğu belirtilmiştir (İçli vd., 2009). Yatak geçmiş yıllarda işletilmiştir.

Tarakçıoğlu vd (2003), Ordu ilinde tombul fındık yaprakları üzerinde yaptığı araştırmalarda 65 fındık yaprağı örneği derlemiş ve yaprakların Cu ve Fe elementlerini referans yayınlarla karşılaştırdığında yeterli ve fazla biriktirdiğini ortaya koymuştur. Yaprakların %26.9’unda Zn eksikliği belirlenmiştir.

Akaryalı (2004), Trabzon Araklı sahil yolu boyunca fındıklar ve yetiştigi toprakta jeokimyasal çalışmalar yürütmüştür. Toprakta ve fındık yapraklarında ağır metal kirliliğine rastlayamamıştır. Fındık köklerinin saçak yapıda olması, beslenme zonunun Fe elementince zengin olması nedeniyle fındık köklerinde Fe elementi clark değerine ulaşmış olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Çelik Karakaya (2005), Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan bazı maden yatakları ile yüzey ve yeraltı suyu kimyasını araştırmıştır. Harkköy maden sahasındaki killeşmenin smektit-kaolinit-feldspat birlikteliğinden oluştuğunu tespit etmiştir. Maden sahasından sızan yeşil renkli suların Zn elementince çok yüksek yumrumsu ve plakamsı çökeller bıraktığını, kırmızı kahve suların Cu, Zn, Pb elementlerince çok düşük, Fe elementince ise yüksek mikrokristalin yumrumsu çökeller bıraktığını belirlemiştir. Yeşil çökellerin simitsonit, kırmızı kahve çökellerin götit olduğunu tespit etmiştir.

Çevik vd. (2009), Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan fındık örneklerinde 1986 yılında gerçekleşen Çernobil kazasının izlerini sürmüştür. Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, ve Pb elementlerinin fındıktaki konsantrasyonlarının uluslararası organizasyonlarca tavsiye edilen günlük alım değerlerinin altında kaldığını saptamıştır.

Özbaş vd. (2013), Ordu, Giresun, Trabzon, Rize, Artvin illerinden derlediği fındıklar üzerinde çalışma yaparak gerekli (Na, Mg, Ca, K, Fe) ve toksik metalleri (Cu, Pb, Cd) incelemiştir. Fındıkta Cd ve Pb elementlerine rastlamadığını, buna karşın ortalama günlük tüketim miktarının (EDI, öngörülen günlük alım, 20 gr) Cu elementi için tavsiye edilen değerden daha düşük olduğunu belirlemiştir.

Karakaya ve Çelik Karakaya (2014), Espiye ve Tirebolu ilçelerine bağlı masif sülfür madenlerine ait su örnekleri üzerinde bazı fiziksel ve kimyasal çalışmalar yapmış ve sonuçları ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırmıştır. Bu sonuçlara göre Harkköy Madeni'nden aldığı örneklerin fiziksel özelliklerin standartlara uyarken Cd, Fe ve Zn elementlerince yüksek konsantrasyonlara erişmiş olduğunu görmüştür.



3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. Materyal ve Yöntem

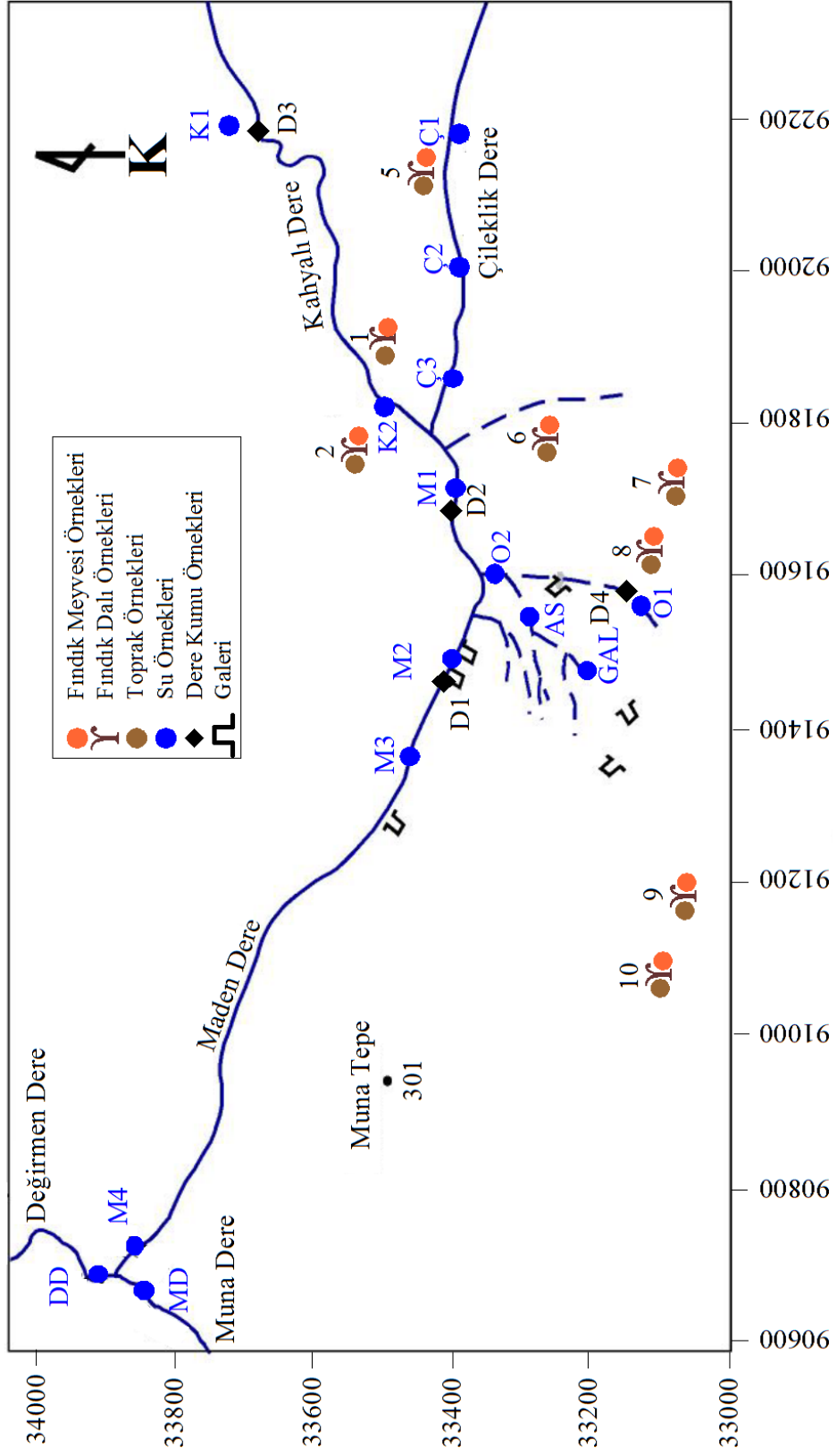
İnceleme alanının belirlenmesinde ve çalışma planının oluşturulmasında rol oynayan keşif çalışmaları 10-12 Nisan 2010 tarihinde yapılmıştır. Bu çalışmadan edinilen deneyimlere dayanılarak hemen her örnek alımında kullanılmak üzere jeolog pusulası, jeolog çekici, GPS (Küresel Yer Bulma Sistemi), lup, fotoğraf makinesi ve MTA tarafından hazırlanmış 1/1000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılmış ayrıca haritalama yapılmamıştır. Alınan her örneğin yeri daha önceden belirlenmiş olmasına rağmen topografya ve bitki örtüsünün uygun olmadığı durumlarda örnek lokasyonu değiştirilmiş veya alımından vazgeçilmiştir. Hakim litolojinin değişmesiyle kayaç örnekleri alınmıştır. Elde edilen her örneğin koordinatı haritaya ve deftere işlenmiş, özellikleri not edilmiş ve maden sahası da yer yer uygun görüldüğü durumlarda ölçeksiz olarak fotoğraflanmıştır.

3.1.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

3.1.1.1. Toprak ve Fındık Örnekleme

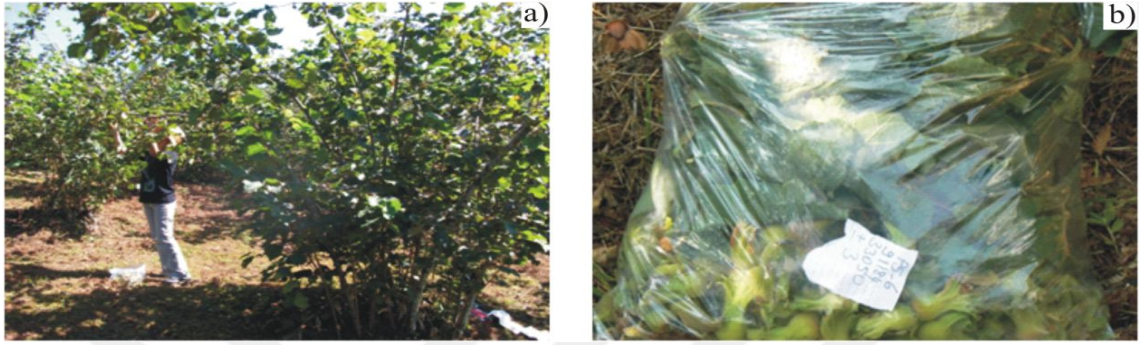
İşletilmiş ve ıslahı gerçekleştirilmemiş madenlere ve yakın çevresine ait topraklar ağır metallere ve diğer elementlere zenginleşirler. Etki alanı rüzgarın yönüne, şiddetine, arazinin eğimine ve eğer varsa akarsuyun özelliklerine bağlıdır. Bu etki alanını görmek için toprak örnekleme yapılmıştır.

Toprak ve fındık örnekleme eş zamanlı olarak yürütülmüş olup çalışılan elementin toprak ve fındıktaki oranlarının sağlıklı biçimde ortaya konulabilmesi amaçlanmıştır. Örnekleme başlamadan önce 1/1000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde yaklaşık KB-GD uzantılı 5 profil üzerinden 100 m aralıklarla örnek noktaları seçilmiştir (Şekil 3.1). Fındık meyvesi için 'F', dalı için 'D' ve toprak için 'T' ön eki kullanılmıştır. Her bir örnek noktasının son eki aynı rakamı içermektedir. Örneğin 5 numaralı örnek noktasının toprağı T5, dalı D5 ve fındığı F5 şeklinde isimlendirilmiştir. Bazı noktaların maden alanına veya ormanlık alana düşmesinden dolayı örnek noktaları iptal edilmiştir. Toplam olarak 8 adet toprak, 8 adet fındık dalı ve 8 adet fındık meyvesi derlenmiştir.



Şekil 3.1. Örnek Alım Noktaları

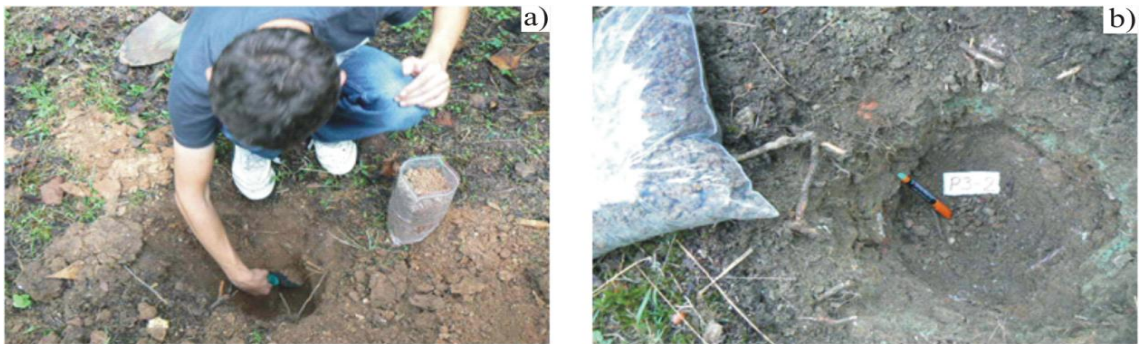
Fındık ağacının dalları ve meyvesi örnekleme için kullanılmıştır (Şekil 3.2 a). Yaklaşık 500 gr yaş fındık toplanarak plastik poşetlere konmuştur. Dallar en fazla 6 mm çapında ve son 3 sürgünlerinden kırılarak yaklaşık 50 gr olmak üzere toplanmıştır. Her bir numunenin ismi poşet üzerine yazılmıştır (Şekil 3.2 b).



Şekil 3.2. Fındık ve dal örneklemesinde a) toplama ve b) paketlenme

Örneklerin çürümesini önlemek amacıyla fazla bekletmeden laboratuvar koşullarında saf suyla yıkanarak 25°C'ye ayarlanmış etüvlerde kuruması sağlanmıştır. Daha sonra öğütülerek 15 gr'lık paketler halinde ACME Laboratuvarlarına (Kanada) ICP-MS tekniği ile analiz edilmek üzere gönderilmiştir.

Toprak örnekleri için fındık ağaçlarının altları seçilmiştir. Örnek noktası 15 cm ile 30 cm derinliğinde kazılarak B zonuna ulaşılmaya çalışılmıştır (Şekil 3.3). B zonu, hareketliliği düşük elementlerin ve ağaç için gerekli besinlerin yoğun olarak biriktiği zon olduğu için seçilmiştir. Kazılarda C zonuna ulaşılamaması durumunda 30 cm sonunda örnek alınmaya geçilmiştir.



Şekil 3.3. Toprak örneklemesi

Toprağın çok çakıllı ve sert olup kazılmaya izin vermemesi halinde ise örnek alımı yapılmamıştır. Toprak örnekleri gerekli analizlerin yapılması için ACME Laboratuvarına gönderilmiştir. Burada ICP-MS tekniği ile analizler yapılmıştır.

3.1.1.2. Su Örneklemesi

Çalışma alanında yer alan dereler doğudan batıya doğru akmaktadır. Kahyalı dere ne madenden ne de cüruf yığınının etkilenmemektedir. Çileklik dere cüruf yığınının etkisi altındadır. Maden Dere ve bir adet harita üzerinde adlandırılmamış küçük bir dere (olası dere) maden ile temas halindedirler. Buraya kadar Kahyalı Dere ile temiz su değerlerini ölçmek, Çileklik Dere ile cüruf kaynaklı kirliliğin boyutunu tespit etmek, Maden Dere ve olası dere ile maden+cüruf kaynaklı kirliliği tespit etmek amaçlanmıştır. Değirmen Dere ve Muna Dereler güneyden kuzeye doğru akmaktadırlar. Sudaki kirliliğin boyutu ve seyrelme Değirmen Dere ile yorumlanabilecektir. Muna Dere ile ağır metallerin seyrelmesi söz konusudur.

Su örnekleme yapılmadan önce keşif çalışmalarından elde edilen ölçümlere dayanılarak 1/1000 ölçekli jeoloji haritası üzerinde örnek alım noktaları belirlenmiştir (Şekil 3.1). Bu ölçümlerde dikkat edilen husus pH, iletkenlik değerleri, ikincil zenginleşme noktaları ve ulaşım imkanlarıdır. Yapılan ön etüt çalışmalarında pH değerleri 3-9 arasında, iletkenlik değerleri ise 200 μ S/cm - 2.15 mS/cm arasında ölçülmüştür. Düşük pH değerleri, yüksek iletkenlik değerleri örnek noktalarının seçimine yönelik parametrelerdir.

Koordinatları belirlenen noktalar üzerinde plastik eldiven kullanılarak gerekli ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Plastik eldiven örnekler arası kirliliği önlemek amacıyla her yeni koordinat noktasında değiştirilmiştir.

pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik ölçümleri her örnek noktasında WTW marka pH/cond 340i model pH/cond metre ile yapılmıştır (Şekil 3.4a). pH ve sıcaklık ölçümlerinde SenTix 41 model elektrot, Eh ölçümlerinde SenTixORP model elektrot, iletkenlik ölçümleri için de TetraCon 325 model prob kullanılmıştır. Kalibrasyon WTW RH 28 standart çözeltisi ile yapılmıştır. pH için cihazın hata payı 15-35°C su sıcaklığında ± 0.005 'tir. Aynı sıcaklıkta Eh için ise ± 0.3 mV ve iletkenlik için % ± 0.5 'tir. Cihaza ait prop uçları ise her ölçüm sonunda saf su ile temizlenmiştir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonları (mbar, mg/L, % cinsinden) WTW marka Oxi 330i model oksijen metre ile CellOx325 model prop yardımıyla okunmuştur. Cihazın hata payı % ± 0.5 'tir.

Su yüzeyinin hemen altında temiz bir maşrapa, su birikintisi veya nehrin kenarından içine doğru bir hat boyunca gezdirilerek su örneği alımı yapılmıştır (Şekil 3.4b). 0.2 μm gözenek çaplı selüloz asetat membran filtre, filtre tutucuya, filtre tutucu da alt ucu vidalı, 50 ml'lik plastik şırıngaya yerleştirilerek alınan su örneği filtrelenmiştir (Şekil 3.4c). Filtrelenen suyun bir kısmı arazide anyon ve katyon ölçümleri için ayrılırken bir kısmı ACME laboratuvarına gönderilmek üzere saklanmıştır.

Laboratuara gönderilecek örnek 50 ml polietilen şişelerde şişelenmiş ve hava ile temasının kesilmesi için tam dolum yapılmıştır. İyon kaybının önlenmesi için pH'ı 2'nin altına düşürmek için suya 2-3 ml derişik nitrik asit ilave edilmiştir. Su örneği isimlendirilerek buzdolabında muhafaza edilmiştir. Analizler ICP-MS cihazıyla ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Kanada) yaptırılmıştır.



Şekil 3.4. a) pH, Eh, sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk ölçümleri b) su örneği alımı c) suyun şırınga yardımıyla filtrelenmesi d) fotometre ve küvetleri ile iyon ölçümü

Geri kalan su örneklerinin anyon ölçümleri WTW marka PhotoLab S12-A model fotometre yardımıyla yapılmıştır (Şekil 3.4d). Her bir iyonun belli ölçüm aralığı ve kart numarası vardır. (Tablo 3.1). Ölçümler yapılırken bu kartlarda yazılan talimatlar uygulanmıştır. Verilen aralıktan yüksek sonuç elde edildiğinde seyreltme yöntemine gidilmiştir. Seyreltme oranları ölçülen değere göre belirlenmiş ve genelde 1/4 oranında uygulanmıştır. Her bir ölçüm sonunda kullanılan küvetler saf suyla temizlenerek numuneler arası kirliliğin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 3.1. Çalışma sahasındaki su örneklerinde ölçümü yapılan anyonların kart numaraları ve ölçüm aralıkları

İyon adı	Kart no	Ölçüm aralığı (mg/L)
NO ₃ ⁻	09713	0.1-25
NO ₂ ⁻	14776	0.002-1

3.1.1.3. Dere Kumu Örnekleme

İki adet Maden Dere'den, bir adet Kahyalı Dere'den ve son olarak da bir adet olası dereden sediman (dere kumu) örnekleri madenin çevresel etkilerini yorumlamak adına değerlendirilmiştir. M2 nolu su örneği ile aynı noktadan D1 nolu dere kumu, M1 nolu su örneği ile aynı noktadan D2 nolu dere kumu, K1 nolu su örneği ile aynı noktadan D3 nolu dere kumu ve O1 nolu su örneği ile aynı noktadan D4 nolu dere kumu örneği derlenmiştir. Bazı noktalarda sediman olmaması, bazı sedimanların da difraktogram kartlarının okunamaması nedeniyle bu dört örnek üzerinden yorum yapılmaya çalışılacaktır.

Dere kumları su örneklerinin alındığı noktalardan derlenmiştir. Plastik kürek yardımıyla yaklaşık 5 kg kadar alınan dere kumu plastik poşetlere konmuş ve laboratuvar ortamında 70°C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulmuştur. Yeterince kuruyan dere kumları 180 µm açıklıklı elekler yardımıyla elenmiş ve elek altı malzemedan 10 gr'lık numuneler ACME Laboratuvarına kimyasal analizlerin yapılması için gönderilmiştir. Ana oksit analizleri ICP-ES, nadir toprak ve iz element analizleri ICP-MS cihazlarıyla yapılmıştır.

Ayrıca dere kumlarının mineralojik bileşimlerini belirlemek amacıyla Karadeniz Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü, Katı Hal Fiziği laboratuvarında bulunan Rigaku marka DMAX IIIC model X ışınları difraktometresi kullanılarak difraksiyon (XRD) incelemeleri yapılmıştır.

XRD difraktometresinin analiz koşulları şunlardır: anot: Cu ($\text{CuK}\alpha = 1.54059\text{\AA}$), filtre: Ni, gerilim: 35 kV, akım: 15 mA, ganyometre hızı: $2^\circ/\text{dak.}$, kağıt hızı $2 \text{ cm}/\text{dak.}$, duyarlılık: 4.102, zaman sabiti: 1 sn, yarıklar: $1^\circ-0.1-1^\circ$, ölçüm aralığı: $2\theta=5-60^\circ$

Difraktogramlarda mineral çözümlenmeleri J.C.P.D.S. (1990) kartları kullanılarak yapılmıştır. Belirlenen minerallerin pik şiddetleri Gündoğdu (1982) tarafından ifade edilen minerallerin kütesel absorpsiyon katsayısına bağlı olarak hesaplanan yanıt oranlarına bakılarak elde edilmiştir. Minerallerin kayaç içerisindeki % miktarları (1) no'lu denklem yoluyla hesaplanmıştır. i , z kayaçta bulunan mineralleri, W_i i mineralin kayaçtaki yüzdesini, K_i i minerale ait yanıt oranı veya absorpsiyon katsayısını, I_i i mineralin difraktogramdaki pik boyutunu (cm) ifade etmektedir.

$$\% W_i = K_i I_i / [(K_i I_i) + (K_z I_z) + \dots] \times 100 \quad (1)$$

Mineral çözümlenme aynı zamanda ACME Laboratuvarından gelen analiz sonuçlarının MINSQ programında değerlendirilmesiyle de elde edilmektedir. Bu şekilde XRD sonuçları desteklenmiştir. MINSQ adlı veri çözümlenme programı, en küçük kareler (least squares) yöntemine göre hesaplama yapar (Herrmann ve Berry, 2002). Sık kullanılan minerallerin 1 mollük kimyasal bileşiklerinin % ağırlıkları program veritabanında bulunmaktadır. Gerekirse kullanıcı tarafından mineral tanımlama da yapılabilmektedir. Mineral çözümlenmesi yapılmak istenen numunenin ana oksit ve diğer element (SiO_2 , Ba, S gibi) oranları programa girilerek sonuç alınmaktadır. Bu programda programa aktarılan mineral sayısının kimyasal bileşen sayısından daima az olması gerekir ve programın birkaç kez çalıştırılmasıyla artık değer (residuel r^2), 1 veya 1'den küçük olana kadar işlem devam ettirilmelidir (en uygun değer 0.5 veya daha küçük). Kayaçta hesaplanmaya dahil edilmeyen alterasyon minerali olması durumunda sonuç 1'den büyük çıkmaktadır (Herrmann ve Berry, 2002). Microsoft Excel TM çözümlenici ile program çalıştırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında minerallerin % ağırlıkları 0.000001 kesinlik, % 0.1 tolerans ve 1000 döngü şartlarında hesaplanmıştır.

3.1.2. Değerlendirme ve Hesaplamalar

3.1.2.1. Toprak Numunelerinin Değerlendirilmesi

Maden ve çevresinden alınan toprak örneklerine ait kirlilik oluşturabilecek As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb ve Zn elementlerinin kirlilik değerleri ortaya konulmuştur. Bunun için kirlilik faktörü (Hakanson, 1980), kirlilik derecesi (Hakanson, 1980), bütünleşik kirlilik indeksi (Wei vd., 2010), zenginleşme faktörü (Buat-Menard ve Chesselet, 1979) ve jeoakümülyasyon indeksi (Müller, 1969) hesaplamalarından yararlanılmıştır. Standart (background) değerler Lindsay 1979'dan alınmıştır ve Ek Tablo 1'de gösterilmiştir. Sonuç olarak gerek element gerekse numune bazında kirlilik ortaya konulmuş ve dağılım diyagramları oluşturulmuştur.

Jeoakümülyasyon indeksi (I_{geo}), element konsantrasyonlarının işletme öncesi değerleriyle karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Burada işletme öncesi tanımını yaparken topraktaki ortalama standart değerler göz önünde bulundurulmuştur. (Lindsay, 1979). Logaritmik bir hesaplama elementin akümülyasyon değeri belirlenmiştir (2). Buna göre B_n herhangi bir elementin toprakta bulunan ortalama standart değerini (background value), C_n ise aynı elementin ölçülen değerini (concentration) ifade etmektedir. Loska vd. (2004), jeoakümülyasyon indeksi yedi sınıfa ayırmıştır (Tablo 3.2).

$$I_{geo} = \log_2(C_n / 1.5 \times B_n) \quad (2)$$

Tablo 3.2. Jeoakümülyasyon indeks sınıflamaları (Loska vd., 2004).

$I_{geo} \leq 0$	Akümüle olmamış
$0 < I_{geo} < 1$	Çok az akümüle olmuş
$1 < I_{geo} < 2$	Az akümüle olmuş
$2 < I_{geo} < 3$	Orta derecede akümüle olmuş
$3 < I_{geo} < 4$	Çok akümüle olmuş
$4 < I_{geo} < 5$	Çok yüksek derecede akümüle olmuş
$5 \leq I_{geo}$	Aşırı derecede akümüle olmuş

I_{geo} , jeoakümülyasyon indeksi

Zenginleşme faktörü (ZF) kirlilik oluşturabilecek herhangi bir elementin referans elemente göre standardize edilmesiyle hesaplanmaktadır (Buat-Menard ve Chesselet, 1979). Bu çalışmada referans element olarak alüminyum (Al) seçilmiştir. Yerkabuğunun

önemli bileşenlerinden biri olması ve birçok toprak çeşidinde bulunabilmesi alüminyumun (Al) seçilmesine neden olmuştur. Zenginleşme faktörünün hesaplanmasında (3) no'lu formül kullanılmıştır. Formülde C_n herhangi bir elementin çalışılan sahadaki ölçülen değeri, C_{ref} seçilen referans elementin çalışılan sahada ölçülen değeri, B_n çalışılan elementin referans sahadaki standart değeri, B_{ref} referans elementin referans sahadaki değeri olarak tanımlanır. Zenginleşme faktörünün 1'den düşük olması o elementin tüketildiğini, 1'den büyük olması ise zenginleştiğini göstermektedir (Brumsack, 2006). Zenginleşme faktörü beşe ayrılmıştır (Tablo 3.3).

$$ZF = [C_n / C_{ref}]_{\text{örnek}} / [B_n / B_{ref}]_{\text{referans}} \quad (3)$$

Tablo 3.3. Zenginleşme faktörü sınıflamaları (Buat-Menard, 1979).

ZF < 2	Az düzeyde zenginlik
ZF = 2 - 5	Orta zenginlik
ZF = 5 - 20	Önemli zenginlik
ZF = 20 - 40	Çok yüksek zenginlik
ZF > 40	Aşırı yüksek zenginlik

ZF: zenginleşme faktörü

Kirlilik faktörü (C_f) element bazında kirliliği temsil etmektedir ve (4)'teki formülden hesaplanarak bulunur.

$$C_f = C_o / C_n \quad (4)$$

Bu formülde yer alan C_o herhangi bir elementin çalışılan sahadaki ölçülen değerini, C_n ise aynı elementin topraktaki ortalama standart değeri (Lindsay, 1979) ifade etmektedir. Hakanson, (1980), kirlilik faktörünü 4'e ayırmaktadır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Kirlilik faktörü (C_f) sınıflamaları (Hakanson, 1980).

$C_f < 1$	Düşük kirlilik
$1 \leq C_f < 3$	Orta dereceli kirlilik
$3 \leq C_f < 6$	Önemli dereceli kirlilik
$6 \leq C_f$	Çok yüksek dereceli kirlilik

Kirlilik derecesi (C_{deg}) ise tüm elementlere ait kirliliği temsil etmektedir ve kirlilik faktörlerinin toplamından oluşmaktadır (5). Kirlilik derecesi de dörde ayrılmakta ve Tablo 3.5'te gösterilmiştir (Hakanson, 1980).

$$C_{deg} = C_{f1} + C_{f2} + C_{f3} + \dots + C_{fn} \quad (5)$$

Tablo 3.5. Kirlilik derecesi (C_{deg}) sınıflamaları (Hakanson, 1980).

$C_{deg} < 8$	Düşük kirlilik
$8 \leq C_{deg} < 16$	Orta dereceli kirlilik
$16 \leq C_{deg} < 32$	Önemli kirlilik
$32 \leq C_{deg}$	Çok yüksek kirlilik

Kirlilik derecesi (C_{deg}) ile çalışılan alan üzerinde element bazında genel bir sonuç elde edilirken bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) ile numune bazında değerlendirme yapılmıştır. Bütünleşik kirlilik indeksi her bir numune için kirlilik faktörlerinin ortalaması olarak hesaplanmakta (6) ve dört kategoride ifade edilmektedir (Wei vd., 2010, Tablo 3.6). Bütünleşik kirlilik indeksi numune bazında kirliliği temsil ettiği için harita üzerinde dağılımları ayrıca gösterilecektir.

$$IPI = (C_{f1} + C_{f2} + C_{f3} + \dots + C_{fn}) / n \quad (6)$$

Tablo 3.6. Kirlilik indeksi (IPI) sınıflamaları (Wei vd., 2010)

$IPI \leq 1$	Düşük
$1 < IPI \leq 2$	Orta
$2 < IPI \leq 5$	Önemli
$IPI > 5$	Çok yüksek

3.1.2.2. Fındık (*Corylus Avellana*) Numunelerinin Değerlendirilmesi

Literatürde fındık bitkisi (*Corylus Avellana*) için element gerekliliği ve/veya gerekli elementlerin bitkinin fizyolojik gereksinimi için ihtiyaç duyduğu konsantrasyonlara dair net bir bilgi bulunmamaktadır. Bu başlık altında tezin konu edindiği elementlerin fındık için gerekliliği ve eğer gerekli iseler eşik değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümeleri için ihtiyaç duyduğu elementler gerekli elementler olarak

adlandırılmaktadırlar (Yaylalı-Abanuz, 2007). Bitkinin bu elementler için gereksinim duyduğu üst seviyeler eşik değeri vermektedir. Topraktaki element konsantrasyonu eşik değeri geçince bitki o elementi geri çevirmeye başlamaktadır. Herhangi bir elementin bitkideki element konsantrasyonunun topraktakine oranına karşı topraktaki konsantrasyon diyagramları ($c_{\text{yaprak/toprak}} - c_{\text{toprak}}$) oluşturulduğunda hiperbolik bir dağılım gözleniyorsa o element bitki için gerekli element olmaktadır. Bitki bazı elementlere az ihtiyaç duyabilir ki bu durumda hiperbolik eğri elde edilemeyebilecektir.

Toprakla fındık meyvesi arasındaki element ilişkisi de bu çalışma kapsamında irdelenmiştir. Toprak ile bitki arasındaki ilişkiyi gözlemleyen bazı araştırmacılar, ilişkinin Freundlich-tip bir fonksiyon (7) olduğunu tespit etmişlerdir (Krauss vd., 2002, Kuboi vd., 1986). Bu fonksiyona göre bitkideki metal topraktaki metalin belli bir katsayısına eşittir.

$$c_{\text{bitki}} = b \times c_{\text{toprak}} \quad (7)$$

Ancak gerçekte toprak ile bitki arasındaki ilişki logaritmiktir. Çünkü bitki ihtiyacı olan elementi bünyesine hızlı bir şekilde alacak, sonra sabit miktarda alımına devam edecek ve belli bir doygunluğa ulaşıncaya azaltacak son olarak eşik değerini geçince bitki o elementin alımını durduracaktır. Burada ayrıca toprak pH'ı elementin bitki için önemi, bitkinin yaşı gibi diğer özellikler de önemlidir.

Çoğu durumda tercih edilmesinden dolayı aşağıdaki formülle (8) bu ilişki lineer hale getirilmiştir (Krauss vd., 2002). Buradaki c_{bitki} çalışılan elementin bitkideki konsantrasyonu, c_{toprak} çalışılan elementin toprakta belirlenen konsantrasyonu, a ve b transfer fonksiyon parametreleridir (ampirik Freundlich katsayılar).

$$\log c_{\text{bitki}} = a c_{\text{toprak}} + \log b \quad (8)$$

Toprak ve bitki arasındaki ağır metal konsantrasyonu normal bir dağılım göstermediği için bu formülle yapılan regresyon analizi ile lineer dağılım doğrusu oluşturulmuş ve katsayıları hesaplanmıştır. Bu formüller yardımıyla fındık ile toprak arasındaki ilişki yorumlanacaktır.

Ayrıca elementlerin toprak ve bitkideki (dal, meyve) birikimleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma ilk önce toprak/dal arasında yapılmıştır. Sonrasında dal/meyve ve son olarak

da toprak/meyve karşılaştırması yapılarak elementlerin zenginleşme kapasiteleri yorumlanmıştır.

Nihayetinde insanların gıda olarak madenin etkisi altında kalan bu fındıkları tüketmeleri halinde sağlığa olan etkileri irdelenmiştir. Bunun için WHO'nun (Dünya Sağlık Örgütü) elementler için önerdiği günlük veya haftalık tüketim değerleri referans alınmıştır.

3.1.2.3. Su Numunelerinin Değerlendirilmesi

Suların temel nitelikleri Ficklin diyagramı kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ficklin diyagramıyla öncelikle dereler bazında çalışılıp derelerin nitelikleri belirlenmiştir. Sonrasında elementler bazında çalışılıp elementlerin hangi nitelikli bölgeden elde edileceği ortaya konmuştur. Bu çalışmayla elementlerin sudaki hareket alanları gözlemlenmiştir.

Ficklin diyagramı ile elementlerin hangi pH aralıklarında yayılım gösterdikleri ve birikim yaptıkları da tespit edilebilmektedir. Araştırılan her bir element bu hususta yorumlanmıştır.

Çalışma alanına ait sular TS 266 Sınıf 2, Tip 2 (TSE, 2005) standartlarıncı belirlenen değerlerle karşılaştırılmıştır (Tablo 3.7). Bu şekilde çalışma alanına ait suların içilebilir kalitesi belirlenmiştir. Bu tablodan ölçülen fiziksel ve kimyasal özelliklere ait referans değerler edinilip oranlama yapılmış, çıkan sonuçlar (zenginleşme kapasitesi) yorumlanmıştır.

Tablo 3.7. TS 266 Sınıf 2, Tip 2 içme suyu standardı. (TSE, 2005)

Özellik	Birim	Değer
pH	-	6,5<pH<9,5
İletkenlik, 20°C	µS/cm	2500
Nitrit	mg/L, NO ₂	0,5
Nitrat	mg/L, NO ₃	50
Sülfat	mg/L, SO ₄	250
Klorür	mg/L, Cl	250
Sodyum	mg/L, Na	200
Alüminyum	µg/L, Al	200
Arsenik	µg/L, As	10
Bakır	µg/L, Cu	2000
Bor	µg/L, B	1000
Cıva	µg/L, Hg	1
Çinko	µg/L, Zn	-
Demir	µg/L, Fe	200

Tablo 3.7'nin devamı. TS 266 Sınıf 2, Tip 2 içme suyu standardı (TSE, 2005).

Özellik	Birim	Değer
Kadmiyum	$\mu\text{g/L}$, Cd	5
Kurşun	$\mu\text{g/L}$, Pb	10
Kükürt	$\mu\text{g/L}$, S	-
Mangan	$\mu\text{g/L}$, Mn	50
Nikel	$\mu\text{g/L}$, Ni	20
Selenyum	$\mu\text{g/L}$, Se	10

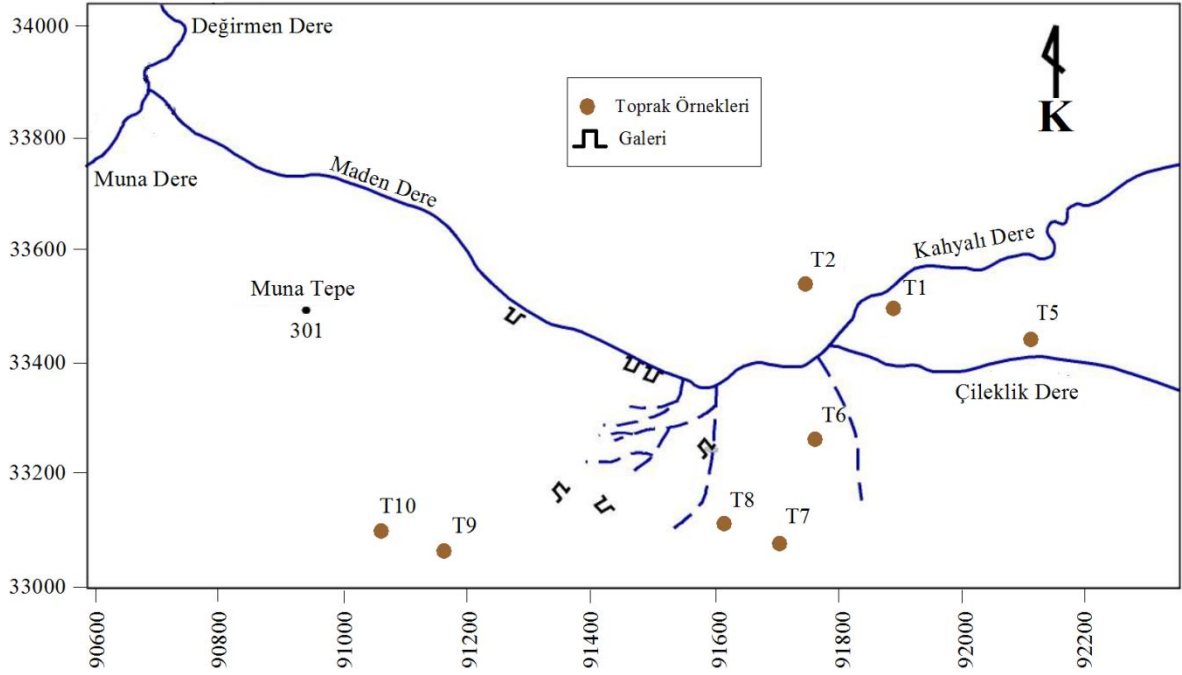
3.1.2.4. Dere Sedimanlarının Değerlendirilmesi

XRD difraktogramları ve laboratuvar sonuçları değerlendirilerek dere kumlarının mineral çözümü yapılmıştır. Toprak numunelerine uygulanan kirlilik hesaplamaları (jeobirikim indeks, zenginleşme faktörü, kirlilik faktörü, kirlilik derecesi, bütünleşik kirlilik indeksi) dere sedimanlarına da uygulanmıştır. Dere sedimanlarında sınır değerler (background values) için Li (2000)'ye ait dere çamuru (river mud) verileri kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Toprak Jeokimyası

Toprak örnekleme Şekil 4.1'de olduğu gibidir. Toprak örneklerinde Fe, Cu, Pb, Zn, As, Cd ve Hg elementleri incelenmiştir. S elementine ait analiz sonuçları dedeksiyon limitleri altında kaldığından yeterli veri toplanamamıştır. Bu nedenle S elementi toprak için yorumlanmamıştır. İlk olarak çalışma alanına ait numunelerdeki ağır metal değerleri standart (sınır) değerlerle karşılaştırılmıştır. Topraktaki ağır metal sınır değerleri için Lindsay (1979) dikkate alınmıştır. Tablodaki sınır değerleri aşan her bir konsantrasyonda o örnek noktasındaki toprak kirli olarak kabul edilmiştir. Toprak örneklemesine ait her bir örneğin element konsantrasyonları, istatistiksel parametreler, sınır değerler ile dedeksiyon limitleri Ek Tablo 1'de verilmiştir.

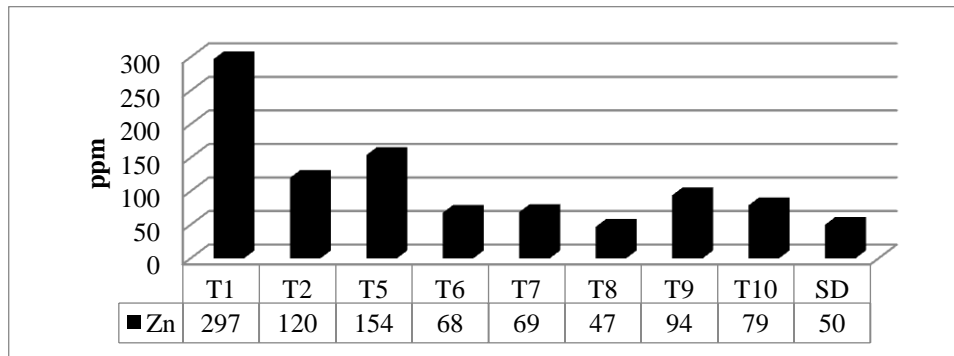
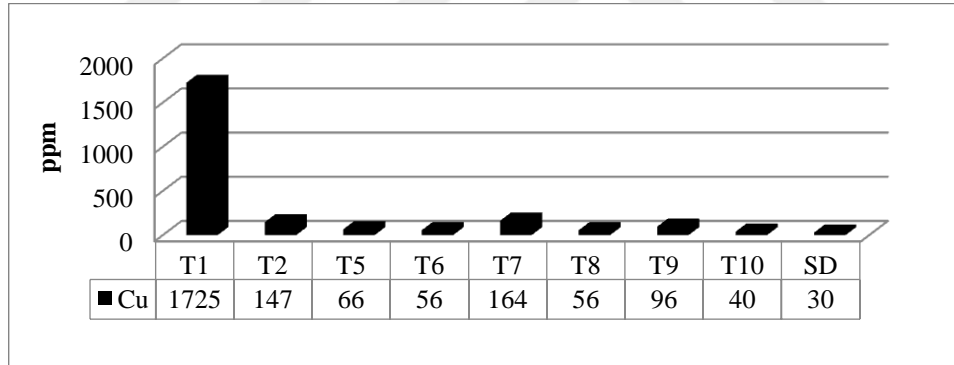


Şekil 4.1. Toprak örnek alım noktaları

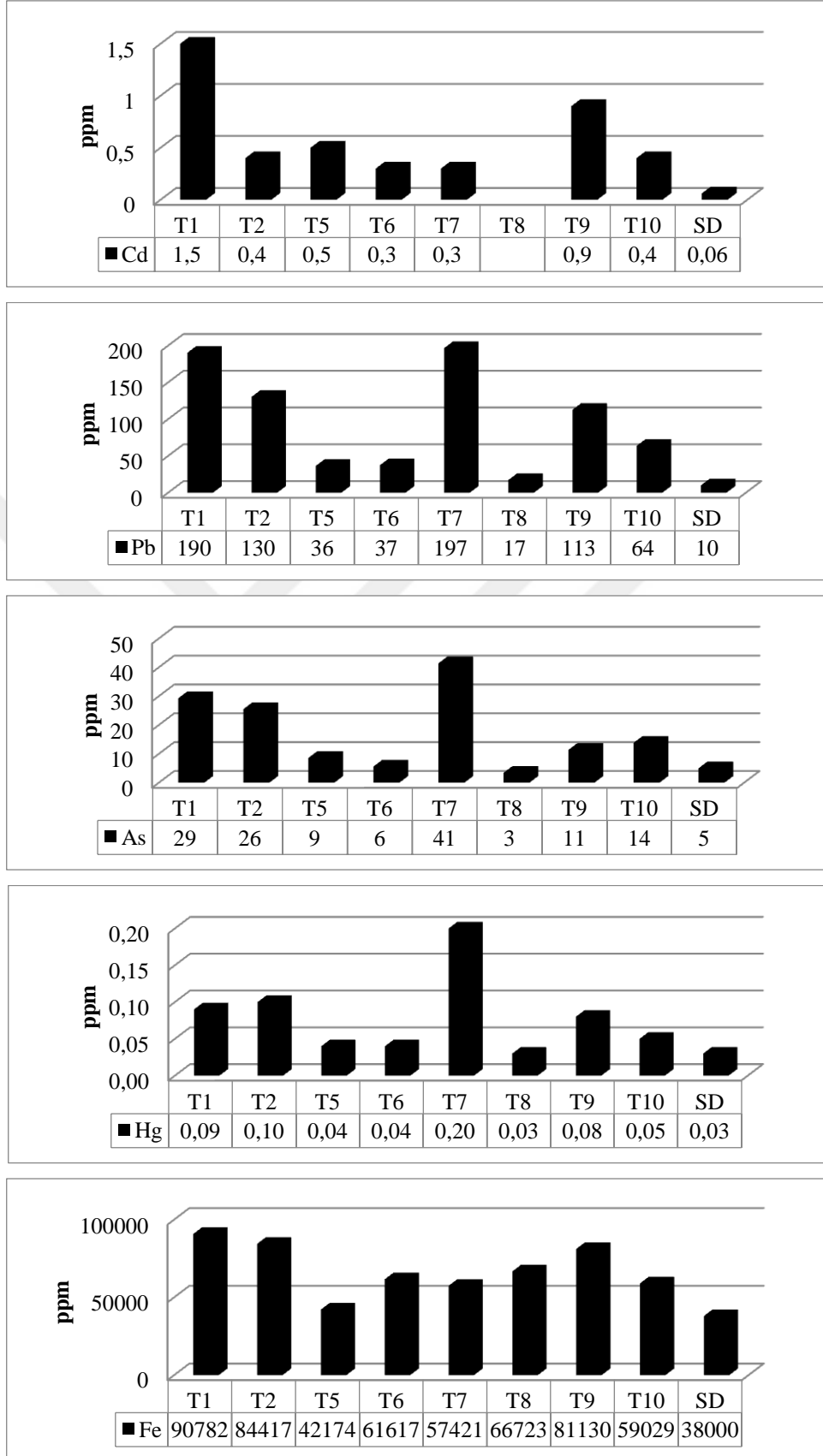
4.1.1. Topraktaki Element Dağılımı

Element dağılımlarının iyi gözlenebilmesi açısından her bir elementin örnek bazında sütun grafik dağılımları çizilmiştir (Şekil 4.2). Cüruf yığını ile maden arasında kalan T1 nolu örneğin Cu, Zn, Cd, Pb, Fe elementleri açısından diğer örneklerden daha zengin oldukları ilgili tablolarda görülmektedir. T7 nolu örnek ise Cu, Pb, As ve Hg örnekleri bakımından, T9 nolu örnek tüm elementler bakımından yüksek, T8 nolu örnek Fe hariç olmak üzere en düşük element konsantrasyonlarına sahiptir.

Cu, Cd, Pb ve Fe elementleri her bir örnekte sınır değer üzerinde ölçülmüştür. Nispeten en yüksek değer cüruf yığını ile maden arasında kalan T1 nolu örneğe aittir. En düşük değerler Cu elementinde madenin güneybatısında yer alan T10 nolu örnekte, Cd ve Pb elementlerinde maden ile cüruf yığını arasında kalan madene en yakın T8 nolu örnekte, Fe elementinde cüruf yığınının etki alanında yer alan T5 nolu örnekte ölçülmüştür (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çalışılan elementlerin örneklere göre sütun grafik dağılımları (Cu, Zn ppm, SD sınır değerler Lindsay 1979)



Şekil 4.2'in devamı. Çalışılan elementlerin örneklere göre sütun grafik dağılımları (Cd, Pb, As, Hg, Fe, ppm, SD sınır değerler Lindsay 1979)

Zn ve As elementlerinde konsantrasyonlar maden ile cüruf yığını arasında kalan, madene en yakın T8 nolu örnekte sınır değerin altında okunmuştur. En yüksek değer Zn elementinde cüruf yığını ile maden arasında kalan T1 nolu örnekte, As elementinde ise madenin doğusunda yer alan T7 nolu örnekte okunmuştur.

Hg elementinde en düşük konsantrasyon değeri T8 nolu örnekte okunmuştur. Bu değer sınır değerin üzerindedir. En yüksek Hg konsantrasyonu T7 nolu örneğe aittir.

4.2. Bitki (*Corylus Avellana*) Jeokimyası

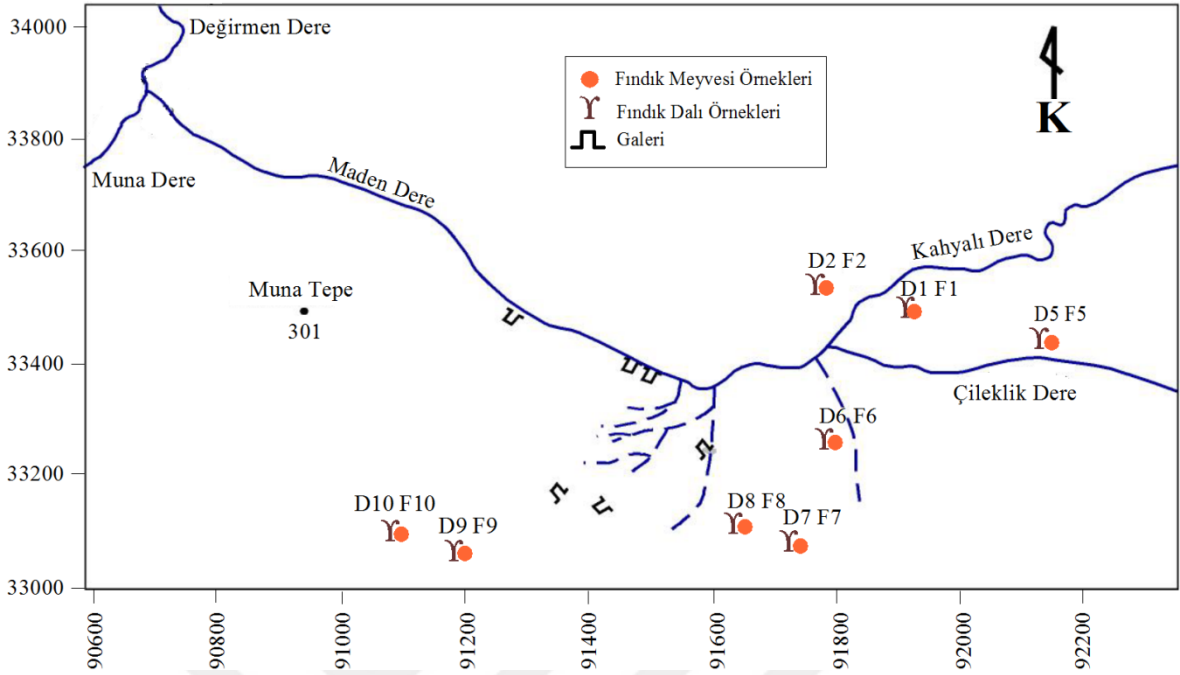
4.2.1. Fındık Meyvelerinin Jeokimyasal İncelenmesi

Çalışma sahasından 8 adet tombul fındık örneği derlenmiş (Şekil 4.3) ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Birçok çalışmacı ya Türkiye genelinden ya da kısıtlı alanlardan derlenen tombul fındık (*Corylus Avellana*) üzerinde yaptıkları çalışmalarda fındıkta tespit ettikleri elementleri, ortalamaları ve standart sapmaları vermişlerdir. Her çalışmacı kendine özgü ağır metaller üzerinde çalıştıklarından ihtiyaç duyulan elementlere ait konsantrasyonlar farklı makalelerden derlenmiştir. Ek Tablo 2'de bu değerlerle birlikte saha üzerinden derlenen numunelerin ortalama ve standart sapmaları da gösterilmiştir. Çoğu örneklerde As ölçümleri dedeksiyon limitleri altında kaldığından değerlendirmeye dahil edilmeyecektir.

4.2.2. Fındık Dallarının Jeokimyasal İncelenmesi

Çalışma sahasından 8 adet fındık ağacının dalları analiz edilmiştir (Şekil 4.3). Ek Tablo 3'te elementlere ait konsantrasyon değerleri, istatistiksel değerleri ile dedeksiyon limitleri verilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalara göre fındık dalları ile çalışılan elementler arasındaki ilişkiyi belirten bir çalışma bulunamadığından referans değerlerle ilgili bir çalışma yürütülemediği görülmüştür.

As elementi çoğu örnekte dedeksiyon limitleri altında kalmış, yeterli veri sağlanamadığı için ileride yapılacak hesaplamalara dahil edilmemiştir. Konsantrasyon değerlerine bakıldığında D1 ve D9 no'lu örneklerin daha yüksek değerler içerdiği, D10 örneğinin de daha düşük değerler içerdiği gözlenmektedir (Ek Tablo 3).



Şekil 4.3. Fındık (*Corylus Avellana*) örnek alım noktaları (F: fındık meyvesi noktaları, D: fındık dalı noktaları)

4.2.3. Fındık Ağacında (*Corylus Avellana*) Element Dağılımı

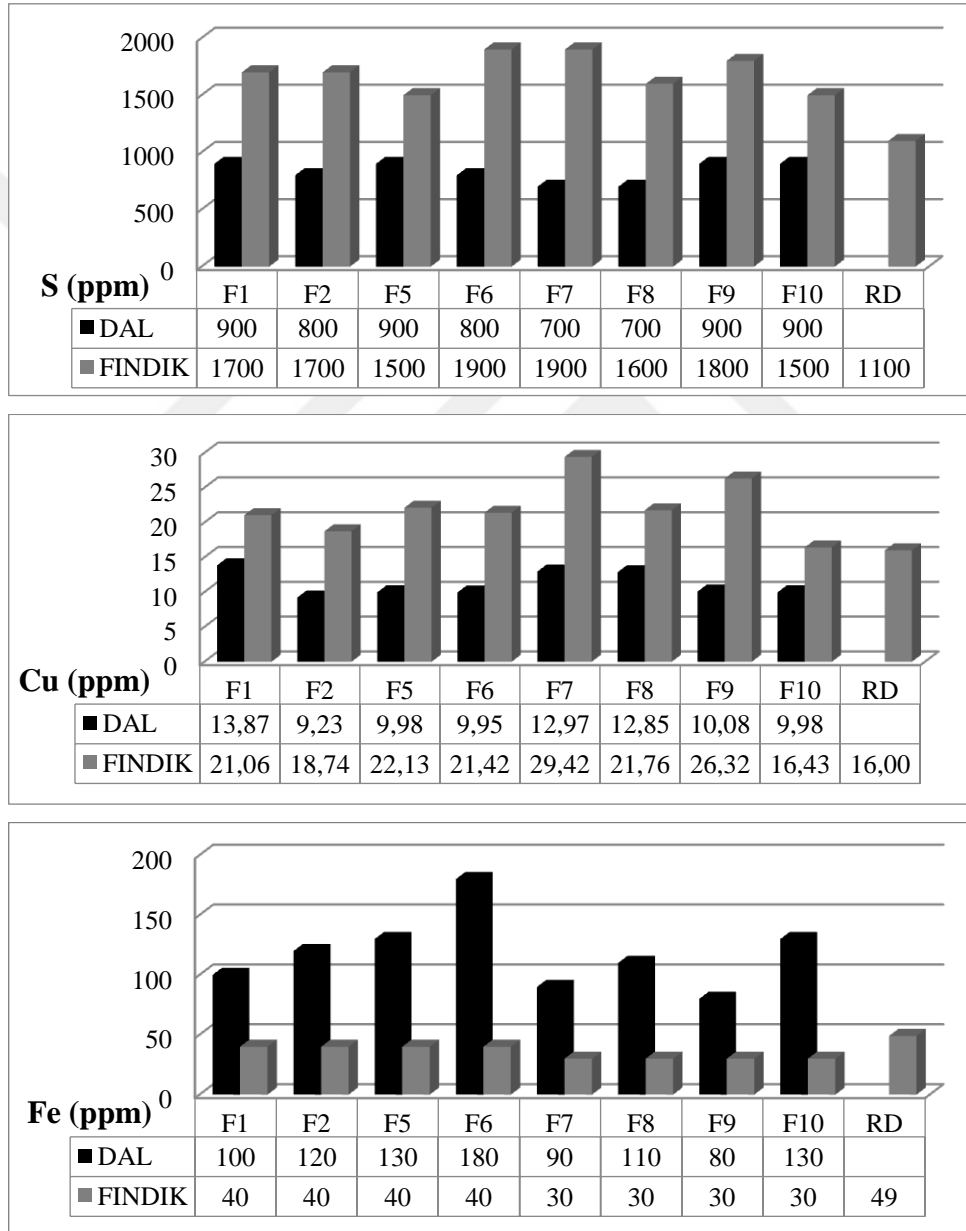
Element dağılımlarında Cu ve S diğer elementlerden farklı hareket etmektedir (Şekil 4.4). Meyve örneklerinde dallardan daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüşlerdir. Meyveler referans değerinin üzerinde, dallar referans değerinin altında sonuç vermektedir. Meyvelerden madenin doğusunda yer alan F7 nolu örnek en yüksek konsantrasyonlara, madenin güneybatısında yer alan F10 nolu örnek ise en düşük konsantrasyonlara sahiptir. Dallardan F1 ve F7 nolu örnekler yüksek, F2 nolu örnek düşük Cu konsantrasyonları, F1, F5, F9, F10 nolu örnekler yüksek, F7 ve F8 nolu örnekler düşük S konsantrasyonlarına sahiptir.

Meyvelerde referans değerinin üzerinde ölçülen diğer element çinkodur. F9 nolu örnek yüksek konsantrasyonlara sahipken, fındıklarda F8 nolu örnek düşük, dallarda F2 nolu örnek düşük konsantrasyonlara sahiptir (Şekil 4.4).

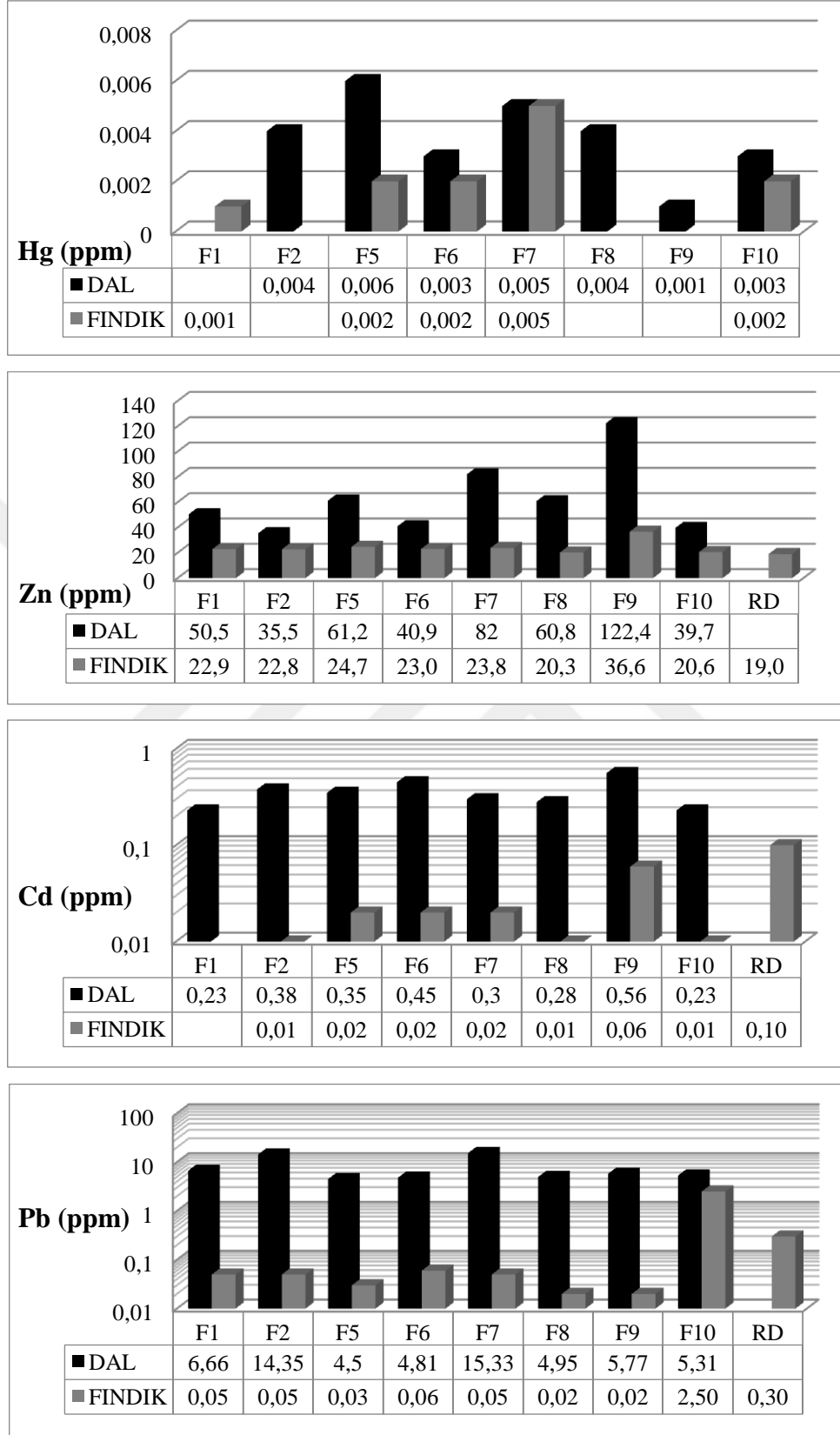
Fe, Cd ve Pb elementleri fındıklarda referans değerinin altında, dallarda ise üzerinde konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Fe elementinde cüruf yığını etrafındaki örnekler yüksek, maden etrafındaki örnekler düşüktür. Genel olarak T9 nolu örnek yüksek, T1 nolu örnek düşük Cd element konsantrasyonu göstermektedir. Fındıklar için F10 nolu örnekte, dallar

için F7 nolu örnekte yüksek Pb değerleri ölçülmüştür. Fındıkta F8 nolu örnek, dalda F1 nolu örnek düşük Pb element içeriğine sahiptir (Şekil 4.4).

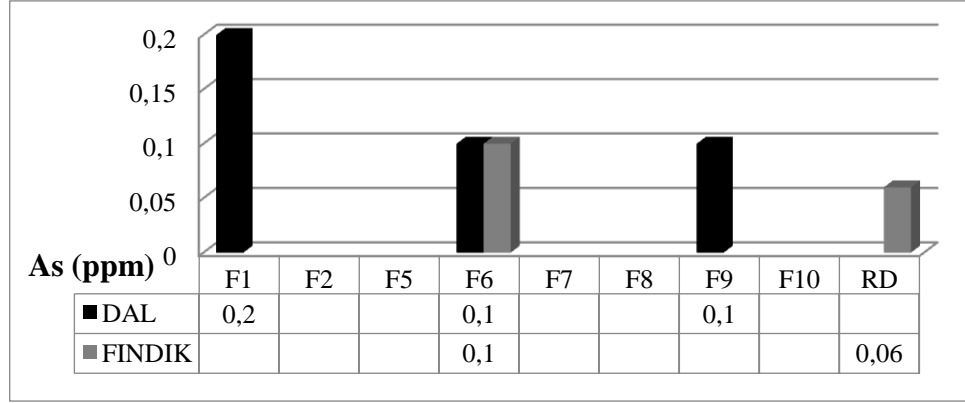
Literatürde Hg elementine ait referans değer olmadığından karşılaştırma yapılamamıştır. Hg elementinde dallar fındıktan daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir. As elementinde çoğu örnek dedeksiyon limiti altında kaldığından sonuç alınamamıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Fındık (*Corylus Avellana*) bitkisine ait dal ve meyvelerin S, Cu, Fe element dağılımlarını gösteren sütun grafikler (RD referans değerler)

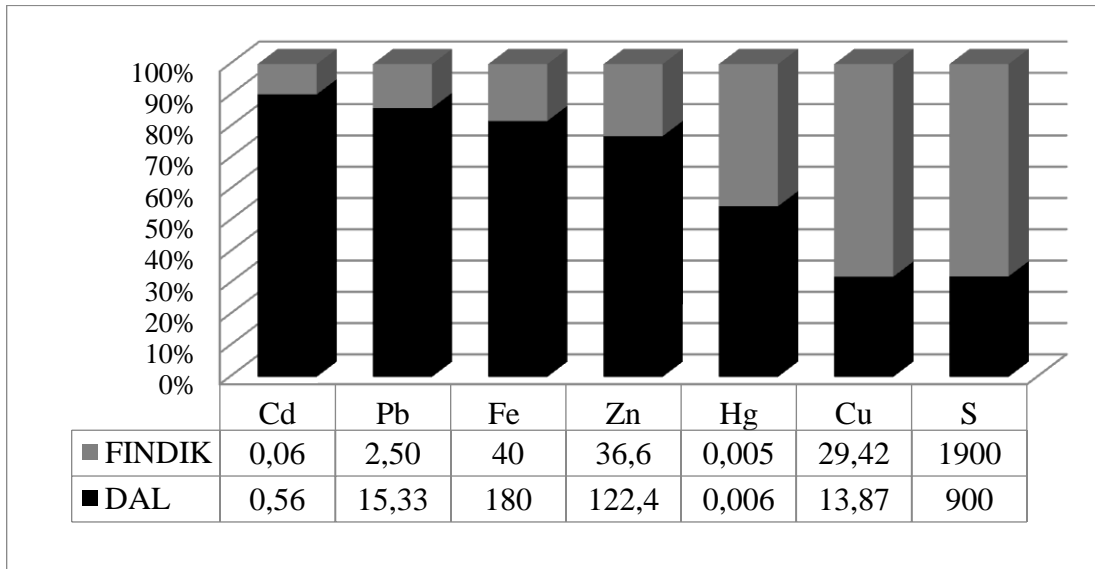


Şekil 4.4'nin devamı. Fındık (*Corylus Avellana*) bitkisine ait dal ve meyvelerin Hg, Zn, Cd, Pb element dağılımlarını gösteren sütun grafikler (RD referans değerler)



Şekil 4.4'nin devamı. Fındık (*Corylus Avellana*) bitkisine ait dal ve meyvelerin As element dağılımlarını gösteren sütun grafikler (RD referans değerler)

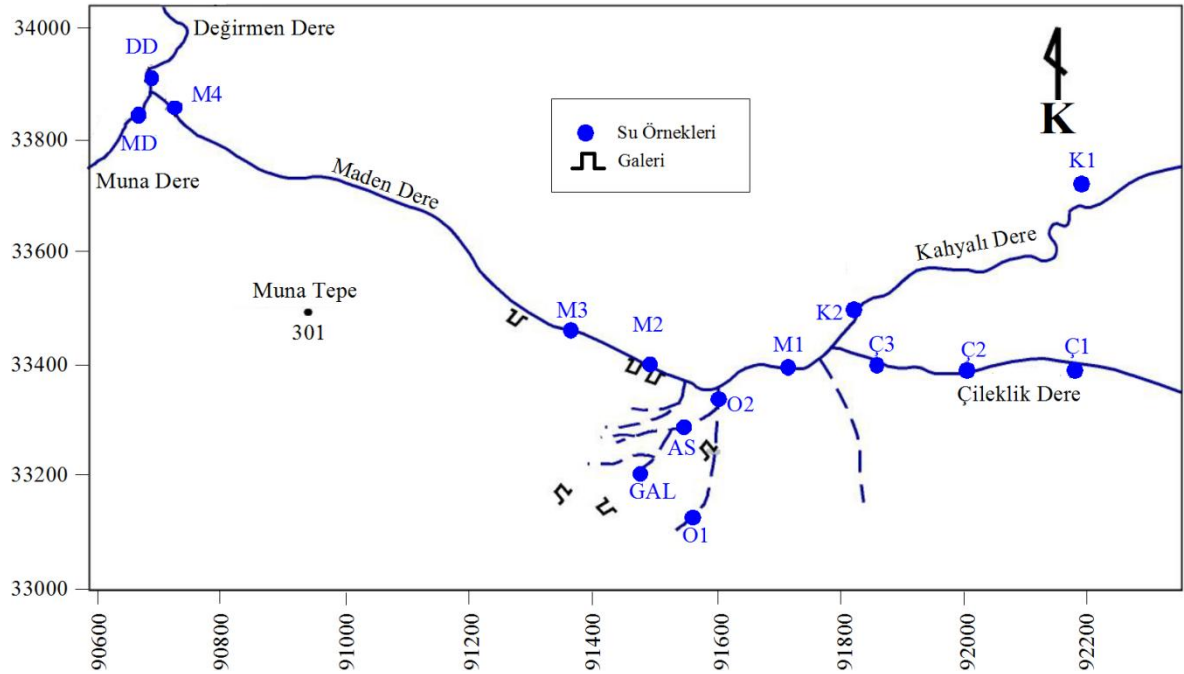
Elementlerin meyve ve dallardaki yüzdeler dağılımları sütun grafiklerde verilmiştir. Bunun için elementlerin en yüksek konsantrasyon değerleri kullanılmıştır (Şekil 4.5). Elementlerin fındığın dal ve meyvelerindeki yüzdeler dağılımları göz önünde bulundurulduğunda fındığın meyvesinin sahip olduğu en yüksek payın Cu ve S elementlerine ait olduğu görülmektedir. Fındığın dala oranla sahip olduğu element oranı büyükten küçüğe doğru $S > Cu > Hg > Zn > Fe > Pb > Cd$ şeklinde sıralanmaktadır. Dalların fındığa nazaran sahip olduğu element miktarları da bu sıralamanın tersidir.



Şekil 4.5. Elementlerin meyve ve dallarına ait karşılaştırmalı yüzde dağılımları

4.3. Su Jeokimyası

Çalışma alanından derlenen 15 adet su örneğinin alım noktaları Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin yerinde ölçülen ve hesaplanan fiziksel parametreleri Ek Tablo 4'te, yerinde ölçülen anyon konsantrasyonları Ek Tablo 5'te ve laboratuvarında ölçülen katyon konsantrasyonları ise Ek Tablo 6'da verilmiştir. Hg elementine ait ölçümler dedeksiyon limiti altında kaldığı için tabloya dahil edilmemiştir.

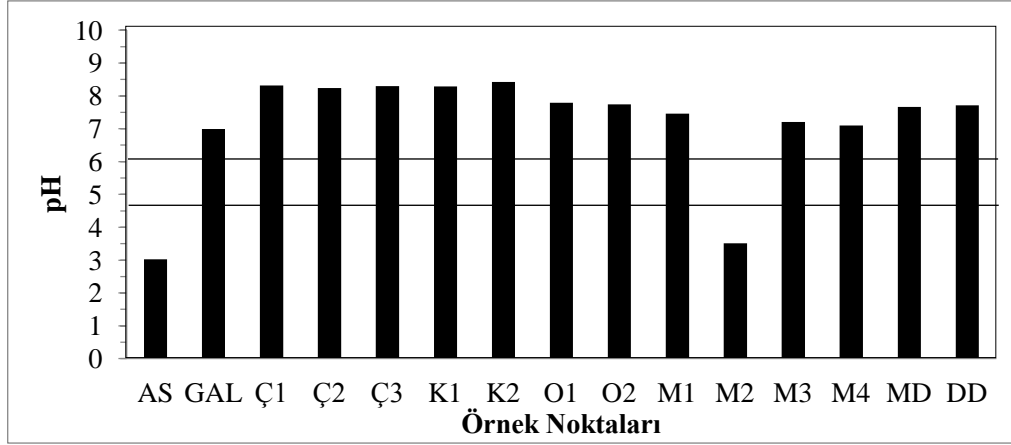


Şekil 4.6. Su örnek alım noktaları

4.3.1. Fiziksel Parametrelerin Dağılımları

4.3.1.1 pH

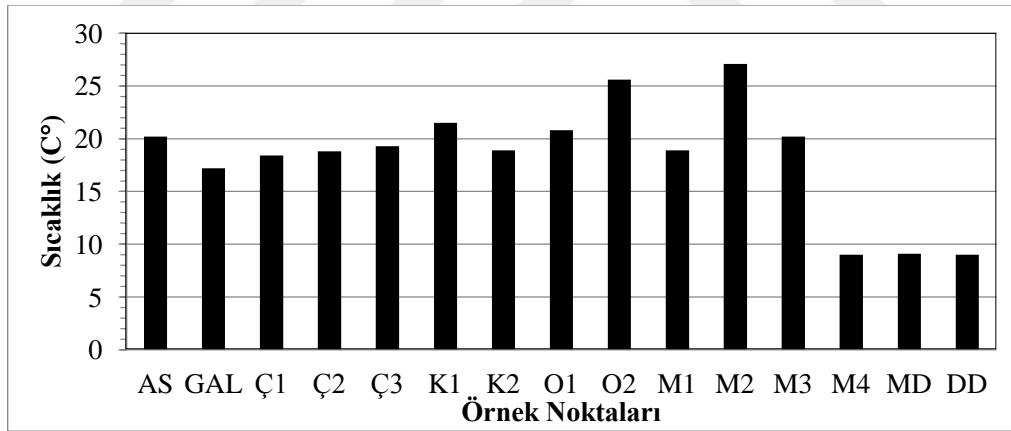
Şekil 4.7'te görülen grafiğe göre GAL noktası da dahil olmak üzere bütün akarsu örnekleri nötr değerlerde izlenmiştir. Maden sızıntı olan AS ve M2 örnekleri düşük pH değerleri (asidik sular) vermektedirler (Ek Tablo 4).



Şekil 4.7. Örnek noktalarına ait pH dağılımları

4.3.1.2. Sıcaklık

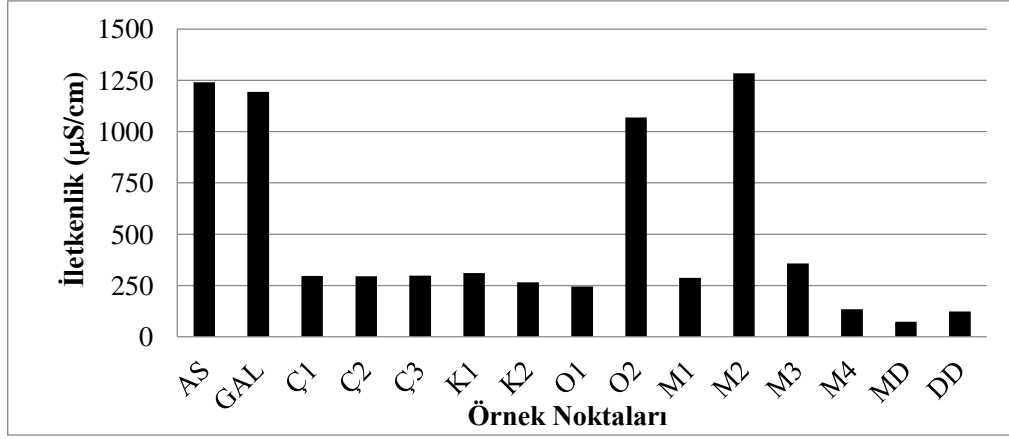
M2 ve O2 örneklerinde yüksek sıcaklıklar kaydedilirken M4, MD ve DD örneklerinin sıcaklıkları diğerlerine nazaran daha düşüktür (Ek Tablo 4, Şekil 4.8)



Şekil 4.8. Örnek noktalarına ait sıcaklık dağılımları

4.3.1.3. Elektriksel İletkenlik

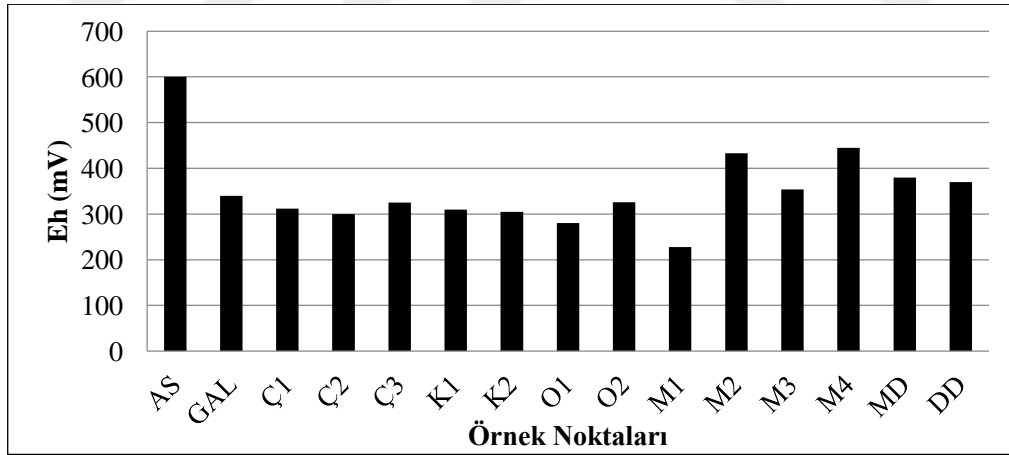
Çalışma sahasının iletkenlik değerleri 74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 1285 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Ek Tablo 4) AS, GAL, M2 ve O2 numunelerinde iletkenlik (toplam çözünmüş iyon içeriği yüksek) değerleri yüksek ölçülmüştür. En düşük iletkenlik değerine (MD) Muna Dere sahiptir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Örnek noktalarına ait elektriksel iletkenlik dağılımları

4.3.1.4. Eh (Redoks Potansiyeli)

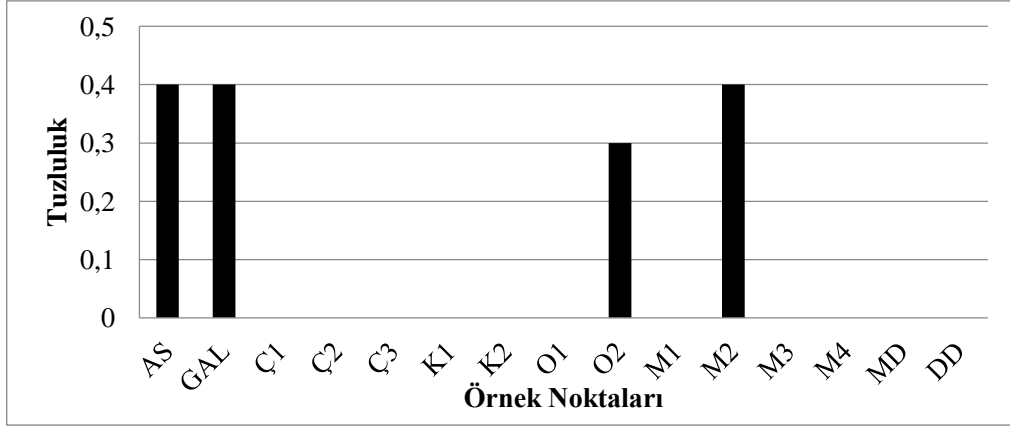
Ölçüm sonuçlarının pozitif değerli olması ortamın yükseltgen koşulda olduğunun bir göstergesidir. En yüksek yükseltgen koşul maden sızıntı suyuna (AS) aittir (Ek Tablo 4, Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Örnek noktalarına ait Eh (mV) dağılımları

4.3.1.5. Tuzluluk

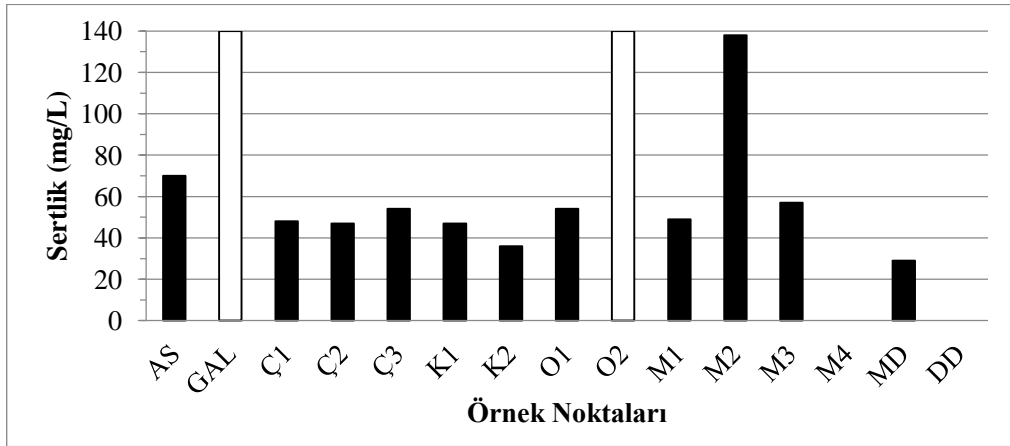
Çalışma alanında sadece dört noktada tuzluluk ölçülmüştür. Madenden direk olarak temas halindeki suların tuzluluk değerleri 0 ve 0.4'tür (Ek Tablo 4, Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Örnek noktalarına ait tuzluluk dağılımları

4.3.1.6. Sertlik

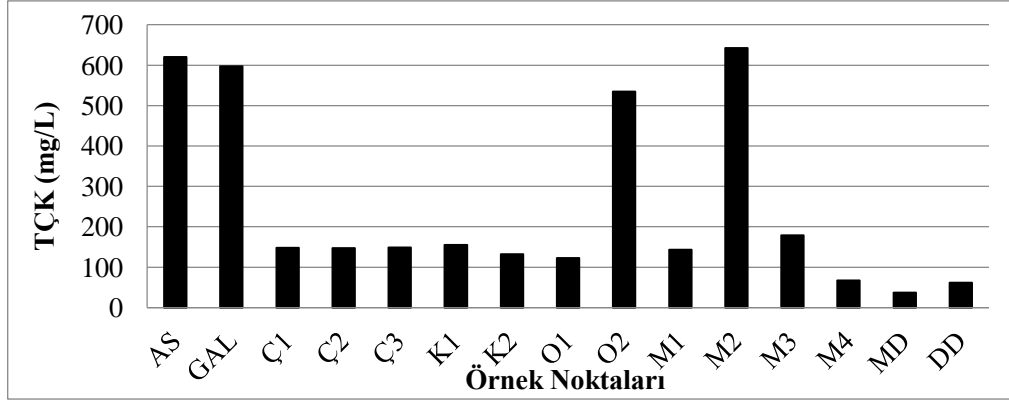
Çalışma alanındaki su numunelerinde GAL, O2 ve M2 örneklerinin sertlik değerleri diğerlerine oranla oldukça yüksektir. (Ek Tablo 4, Şekil 4.12). GAL ve O2 örneklerinin yapılan ölçümlerinde değerler algılama sınırının üzerinde çıkmıştır. M4 ve DD noktalarında ölçüm yapılamamıştır.



Şekil 4.12. Örnek noktalarına ait sertlik (mg/L) dağılımları

4.3.1.7. Toplam Çözünmüş Madde (TÇK)

AS, GAL, O2 ve M2 örneklerinin toplam çözünmüş katı miktarları oldukça yüksekken en düşük toplam çözünmüş katı MD (Muna Dere) örneğine aittir (Ek Tablo 4, Şekil 4.13).

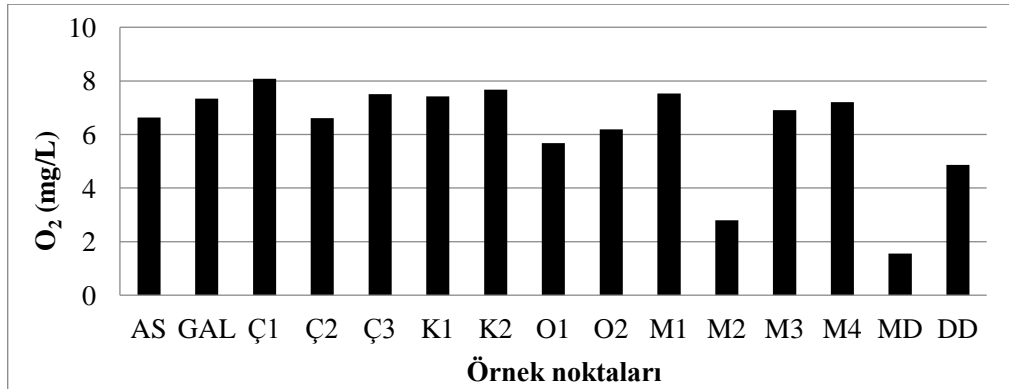


Şekil 4.13. Örneklerin toplam çözünmüş madde dağılımları (mg/L) dağılımları

4.3.2. Anyon Dağılımları

4.3.2.1. Çözünmüş Oksijen (O₂)

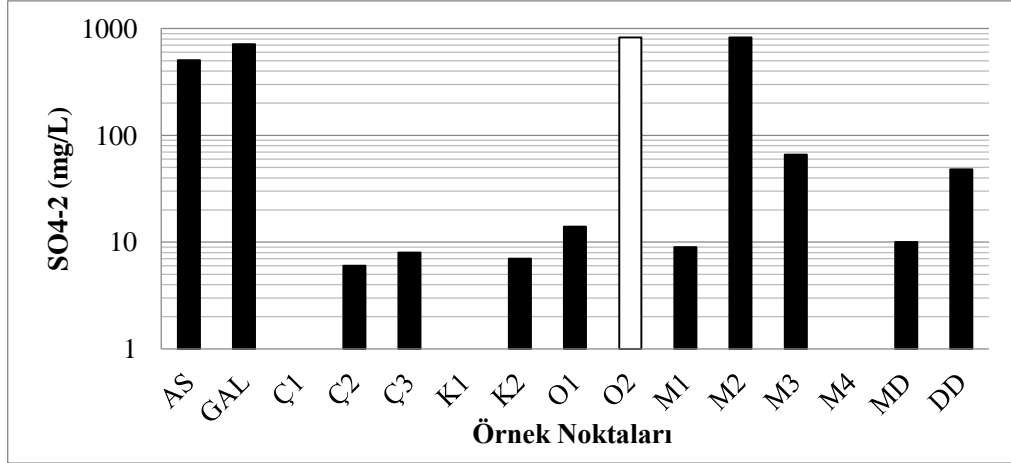
Çözülmüş oksijen değerleri 1.55 mg/L ile 8.08 mg/L arasında değişmektedir (Ek Tablo 5). En düşük oksijen içeriğine MD örneği sahiptir. Ç1 örneği ise çalışma alanındaki en yüksek oksijen konsantrasyonuna sahiptir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Örnek noktalarına ait çözünmüş oksijen (O₂) dağılımları

4.3.2.2. Sülfat (SO₄²⁻)

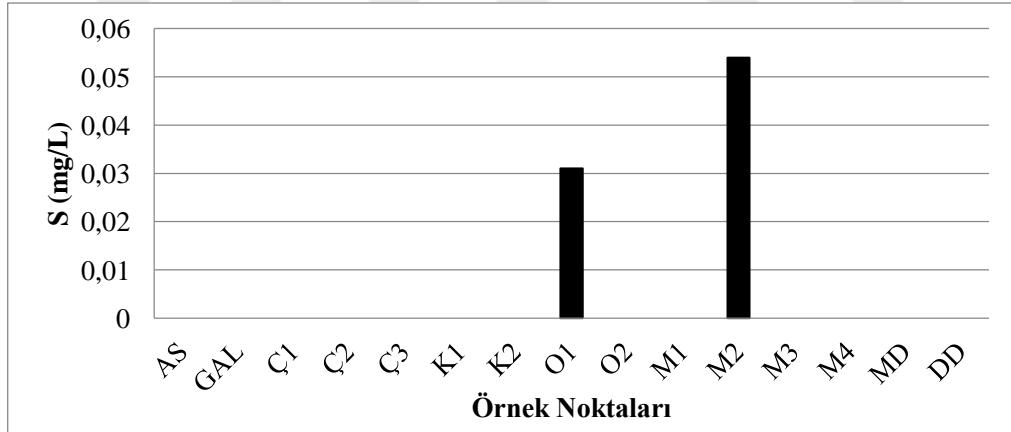
AS, GAL, O2 ve M2 örnekleri en yüksek sülfat içeriğine sahiptir. O2 noktasının sülfat konsantrasyonu algılama sınırı üzerinde çıkmıştır. Ç1, K1 ve M4 örneklerinde sülfat konsantrasyonları algılama sınırı altında kalmıştır (Ek Tablo 5, Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Örnek noktalarına ait sülfat (mg/L) dağılımları

4.3.2.3. Sülfür (S)

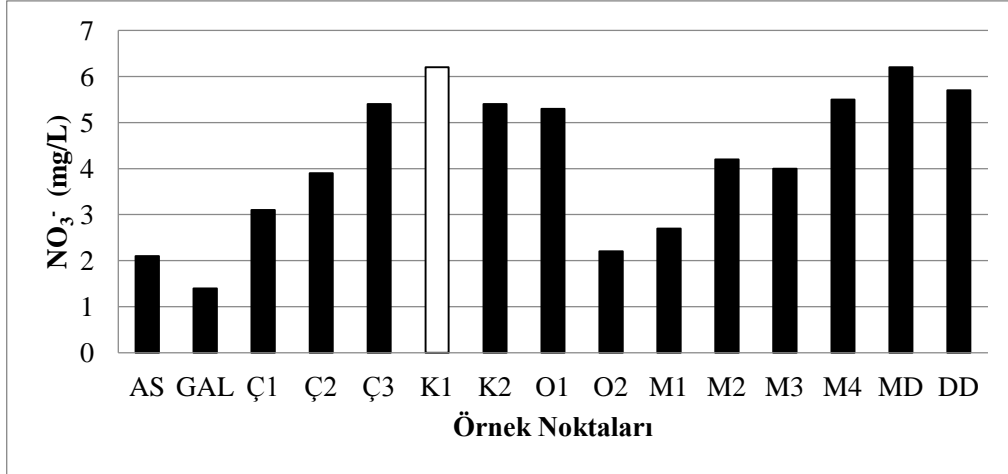
Sülfür ölçümü sadece O1 ve M2 noktalarında yapılabilmektedir. Diğer noktalarda değerler algılama sınırı altında kalmıştır (Ek Tablo 5, Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Örnek noktalarına ait sülfür (mg/L) dağılımları

4.3.2.4. Nitrat (NO₃⁻)

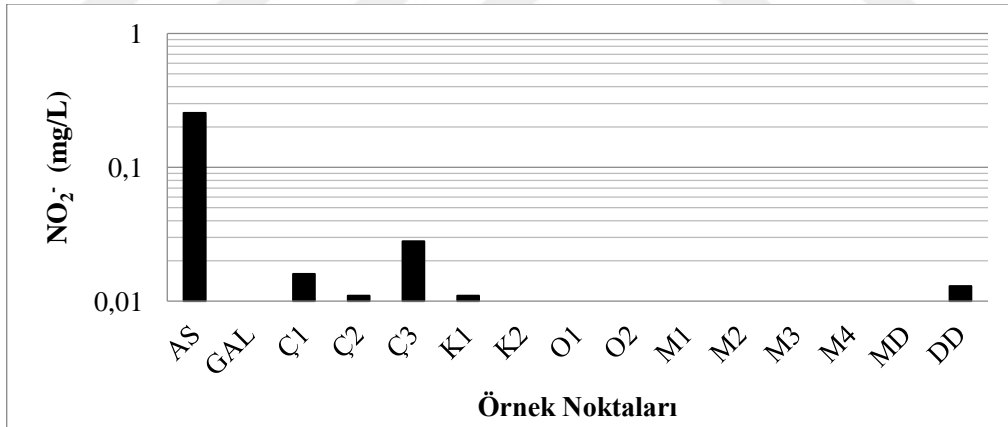
K1 örneğine ait nitrat konsantrasyonu algılama sınırı üzerindedir. AS, GAL, O2 ve M1 noktalarının nitrat değerleri diğer örneklere nazaran düşük konsantrasyonlara sahiptirler (Ek Tablo 5, Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Örnek noktalarına ait nitrat (mg/L) dağılımları

4.3.2.5. Nitrit (NO₂⁻)

As örneğinin nitrit içeriği diğer sulara nazaran oldukça yüksek çıkmıştır. Çoğu örneğin nitrit içerikleri algılama sınırı altındadır (Ek Tablo 5, Şekil 4.18).

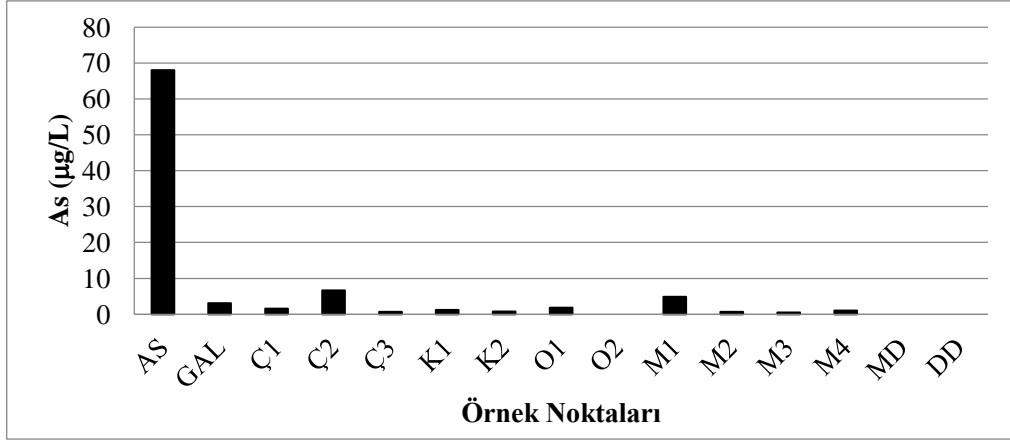


Şekil 4.18. Örnek noktalarına ait nitrit (mg/L) dağılımları

4.3.3. Katyon Dağılımları

4.3.3.1. Arsenik (As)

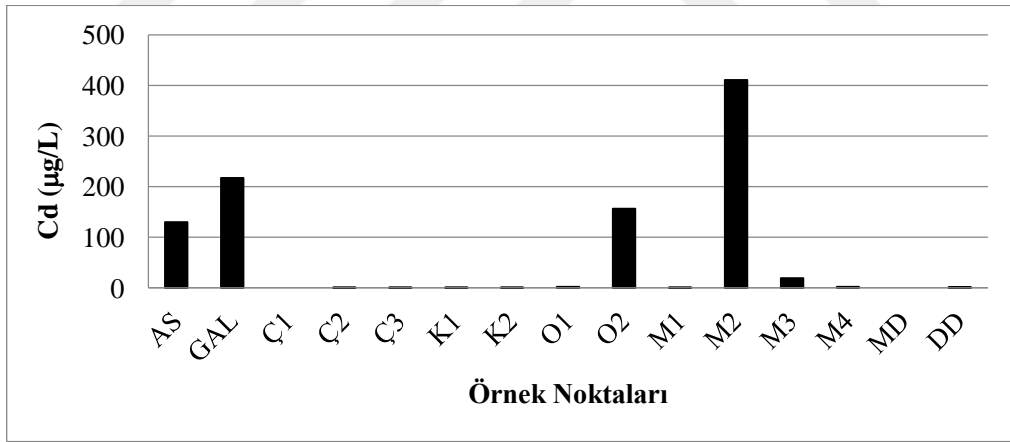
AS örneği çalışma sahasının en yüksek O2, MD, DD örnekleri ise en düşük As element konsantrasyonuna sahiptirler (Ek Tablo 6, Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Örnek noktalarına ait arsenik (As µg/L) dağılımları

4.3.3.2. Kadmiyum (Cd)

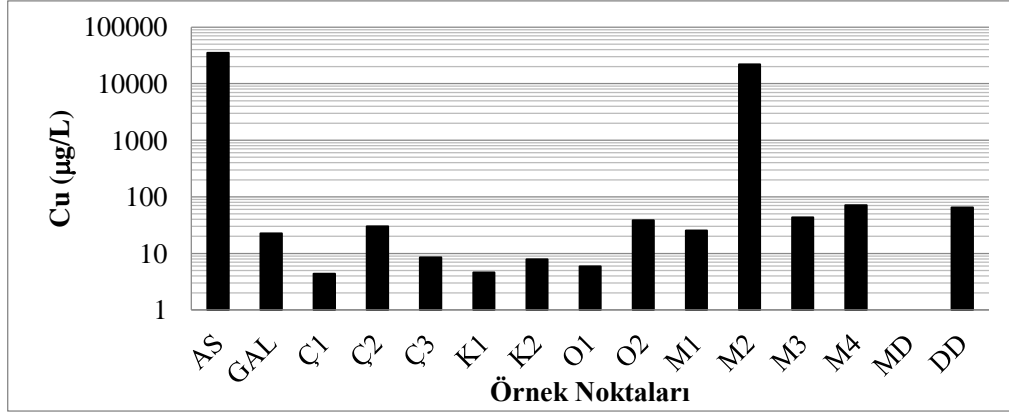
AS, GAL, O2 ve M2 örnekleri çalışma sahasının en yüksek Ç1 ve MD örnekleri ise en düşük Cd element konsantrasyonuna sahiptirler (Ek Tablo 6, Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Örnek noktalarına ait kadmiyum (Cd µg/L) dağılımları

4.3.3.3. Bakır (Cu)

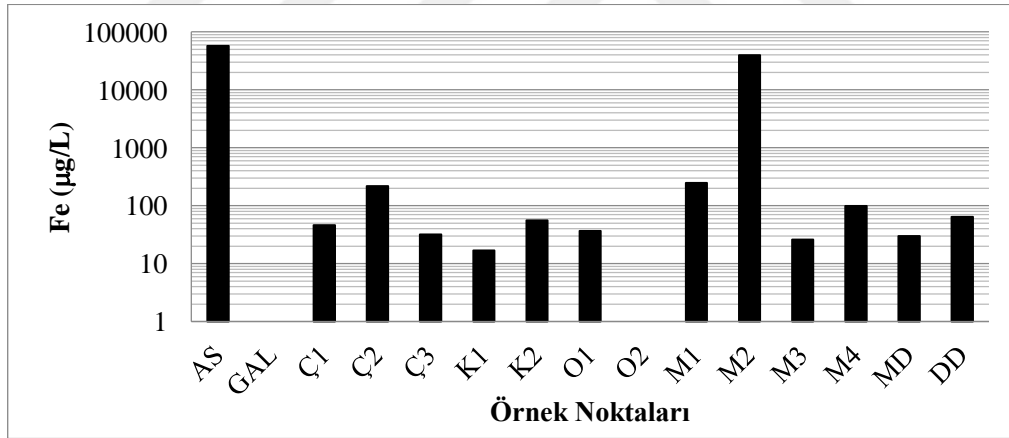
AS ve M2 örneklerinin Cu element konsantrasyonları diğer örneklerin sahip olduğu konsantrasyonlardan oldukça yüksektir. MD örneğinin Cu konsantrasyonu algılama sınırı altında kalmıştır (Ek Tablo 6, Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Örnek noktalarına ait bakır (Cu µg/L) dağılımları

4.3.3.4. Demir (Fe)

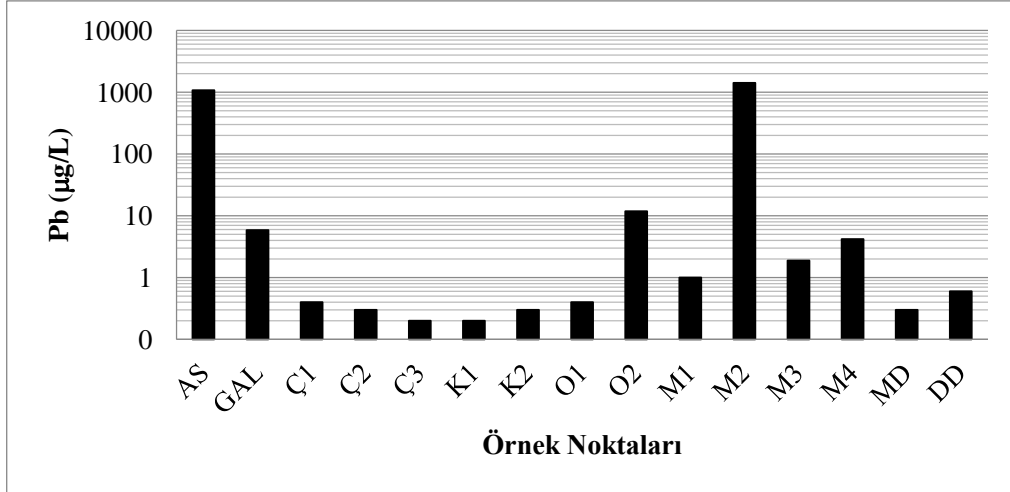
AS ve M2 örneklerinde ciddi demir (Fe) birikimi gerçekleşmiştir (Ek Tablo 6, Şekil 4.22). GAL ve O2 örneklerinde ise değerler algılama sınırı altındadır.



Şekil 4.22. Örnek noktalarına ait demir (Fe µg/L) dağılımları

4.3.3.5. Kurşun (Pb)

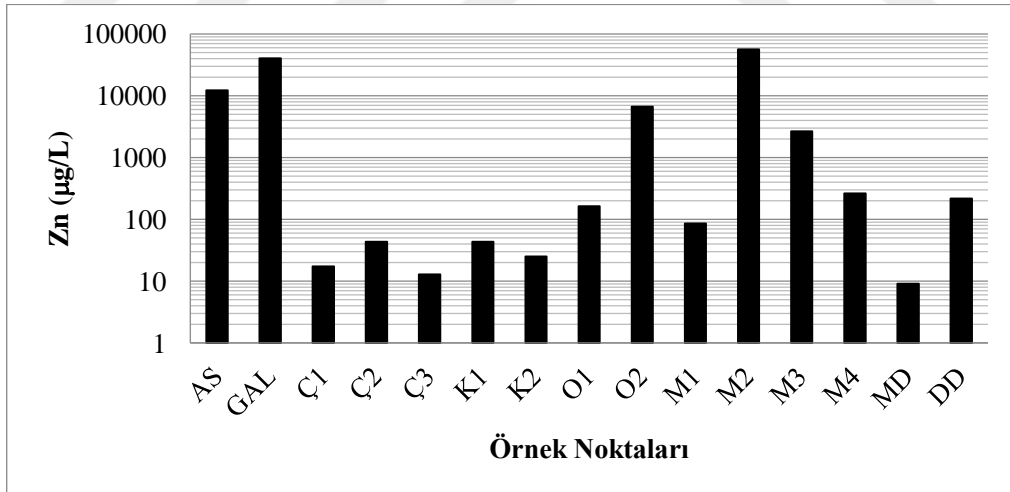
AS ve M2 numunelerinde ciddi Pb birikimi gözlenirken en düşük Pb değerleri Ç3 ve K1 örneklerinden ölçülmüştür (Ek Tablo 6, Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Örnek noktalarına ait kurşun (Pb µg/L) dağılımları

4.3.3.6. Çinko (Zn)

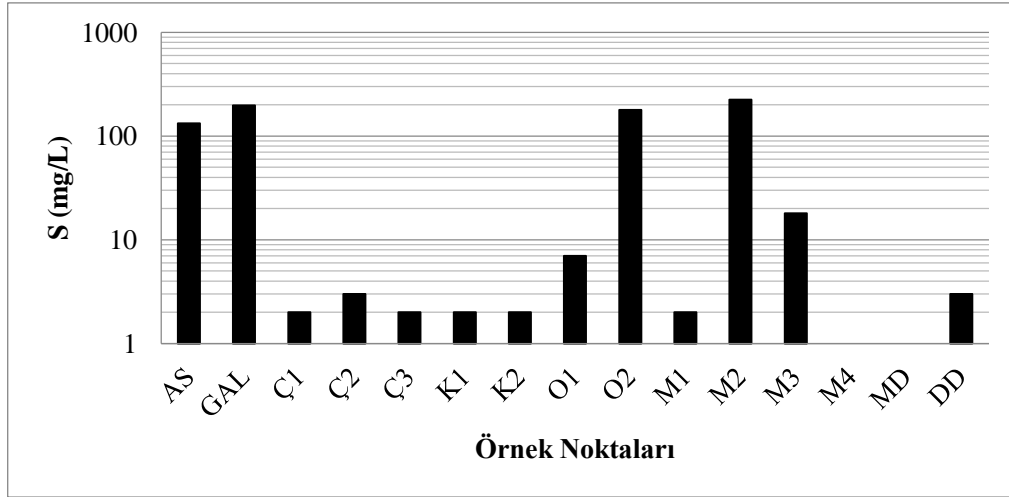
M2, GAL, AS ve O2 numunelerinin Zn içerikleri diğerlerinden fazladır. En düşük Zn konsantrasyonu MD örneğine aittir (Ek Tablo 6, Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Örnek noktalarına ait çinko (Zn µg/L) dağılımları

4.3.3.7. Sülfür (S)

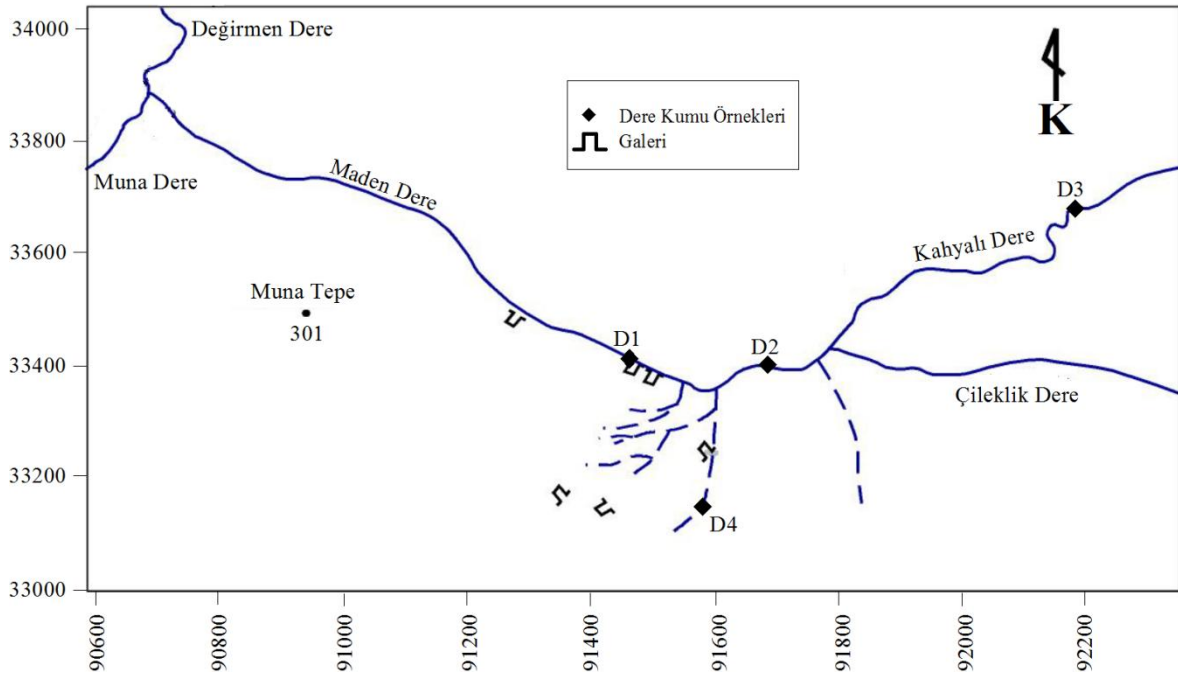
M4 örneğine ait sülfür konsantrasyonu ölçülememiştir. M2, GAL, O2 ve AS örneklerinin sülfür konsantrasyonları yüksek ölçülmüştür (Ek Tablo 6, Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Örnek noktalarına ait sülfür (S mg/L) dağılımları

4.4. Dere Sedimanlarının Jeokimyası

Dere kumlarının örnek alım noktaları Şekil 4. 26'da verilmiştir. Dere sedimanlarının ana oksit verileri ve bu verilere ait istatistiksel hesaplama sonuçları, dedeksiyon limitleri Ek Tablo 7'de verilmiştir.



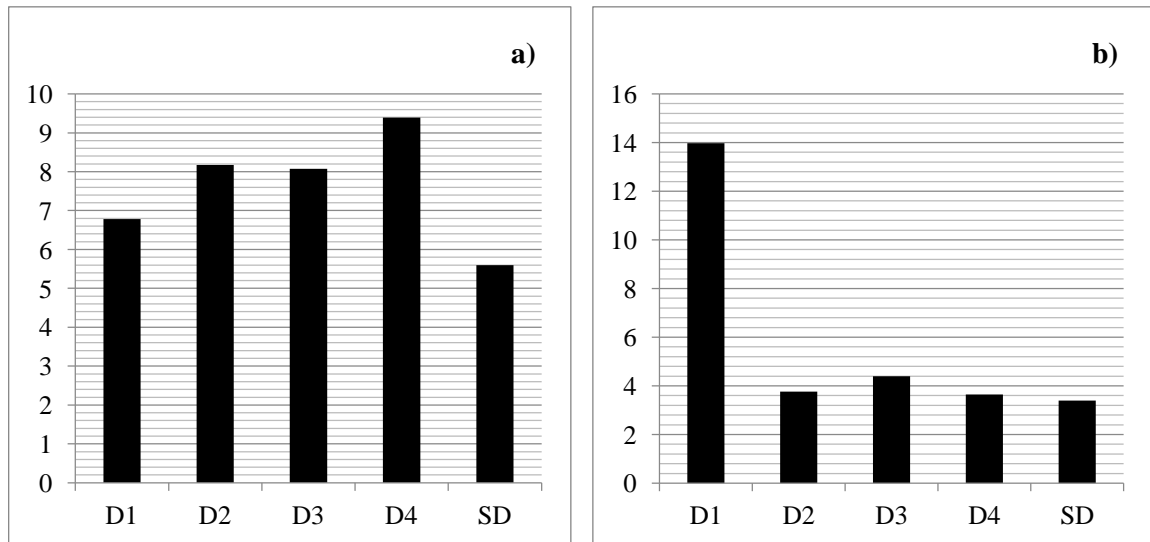
Şekil 4. 26. Dere kumu örnek alım noktaları

Ek Tablo 7'den elde edilen ana elementlere ait konsantrasyonlar, istatistiksel hesaplamalar, sınır değerler Ek Tablo 8'de, ağır metal içerikleri, ağır metallere ait istatistiksel veriler, sınır değerler Ek Tablo 9'da sunulmuştur. Sınır değerler için Li (2000)'ye ait dere çamuru (river mud) verileri kullanılmıştır. Kükürt (S) elementinden sadece bir örnekte veri elde edilebilmiştir. Diğer örneklerde S element konsantrasyonları dedeksiyon limiti altında kaldığından dolayı yeterli verisi olmadığı için hesaplamalara katılmamıştır.

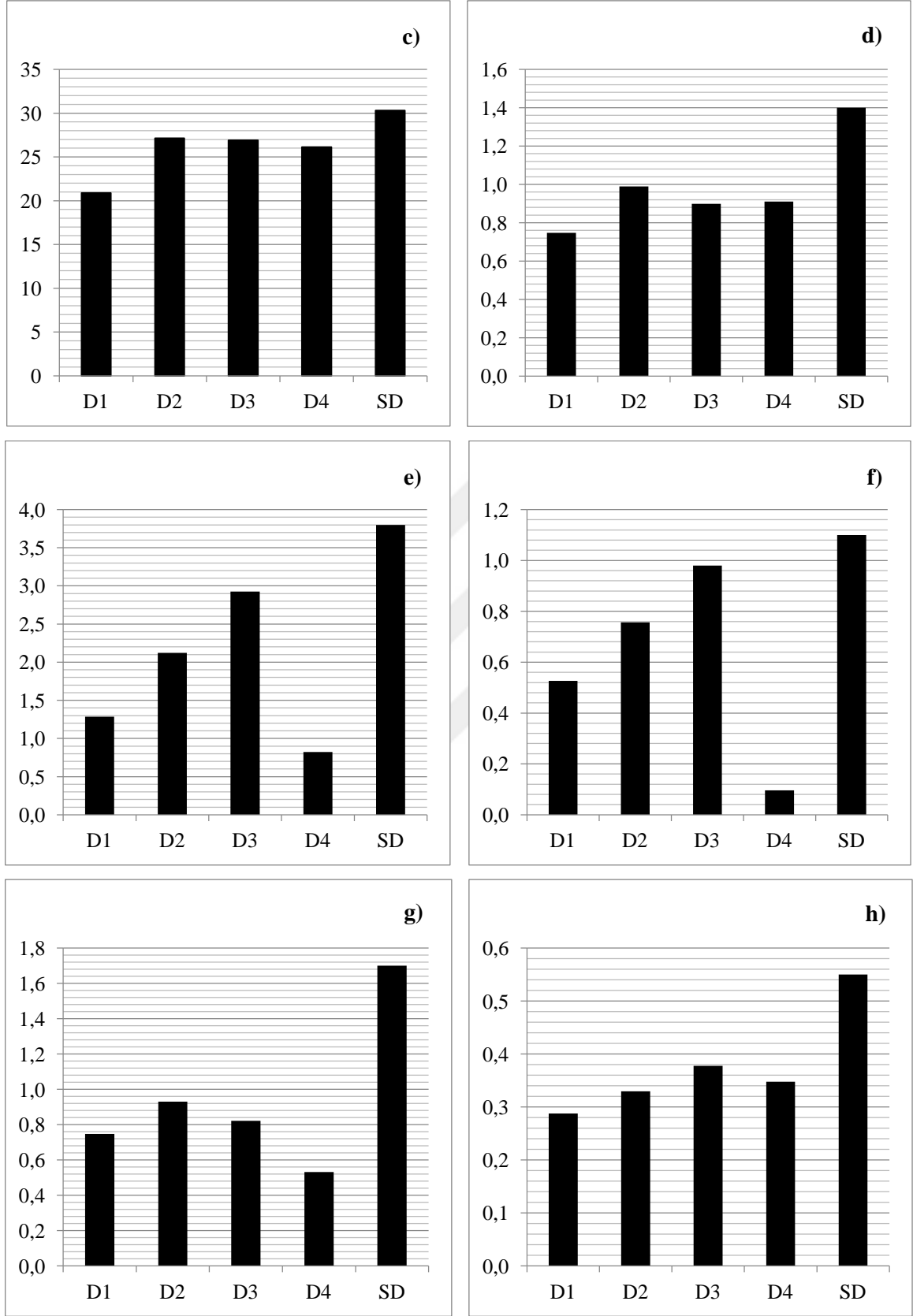
4.4.1. Ana Elementlerin Dağılımları

Element dağılımlarında kullanılan sınır değerler (SD) Ek Tablo 8'den Li (2000) referans gösterilerek alınmıştır. Bu referans değerlerle birlikte çizilen grafiklerle elementlerin sınır değerlerden ne kadar fazla ya da az oldukları gözlenebilmektedir.

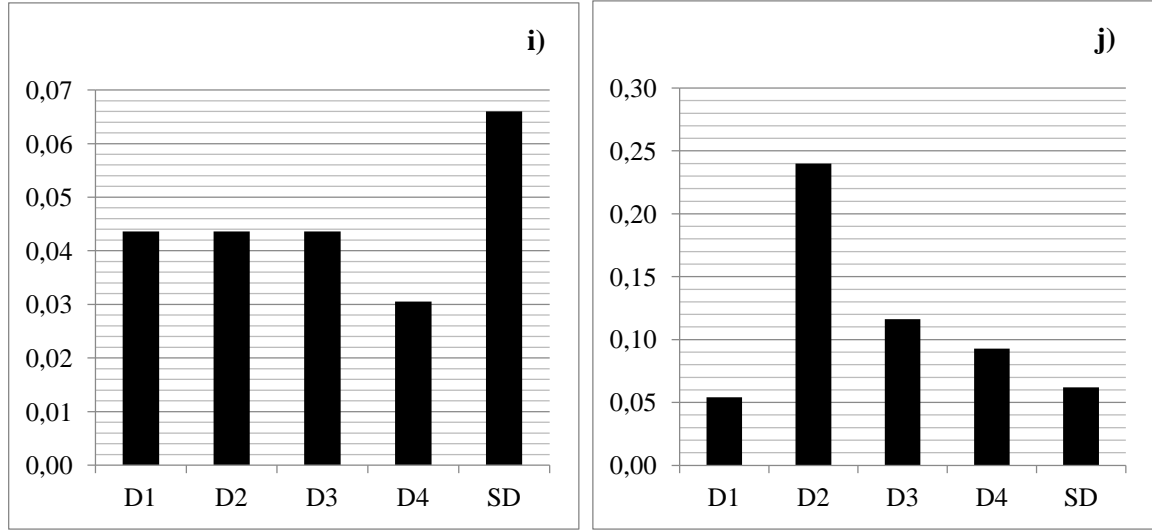
Bu grafiklere göre sınır değerleri aşan konsantrasyonlara sahip elementler Al (> % 5.6) ve Fe (> % 3.4) elementleridir (Şekil 4.27 a ve b). D1 nolu örnek (Maden dere+maden drenajı deşarj noktası) Fe konsantrasyonu bakımından diğer örneklerden 3 kat fazla birikim yapmıştır (Ek Tablo 8). Al elementinde en yüksek birikim yapan örnek D4 nolu örnektir (olası dere) ve en düşük birikim ise D1 nolu örnekte gözlenmektedir.



Şekil 4.27. Dere kumlarında ana element dağılımları. (a) % Al, b) % Fe element dağılımlarını gösterir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000.)



Şekil 4.27'nin devamı. Dere kumlarında ana element dağılımları (c) % Si, d) %Mg, e) % Ca, f) % Na, g) % K, h) %Ti element dağılımlarını gösterir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000.).



Şekil 4.27'nin devamı. Dere kumlarında ana element dağılımları (i) % P ve j) % Mn element dağılımlarını gösterir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000).)

Mn hariç geri kalan ana elementlerin (Si (< %30.3), Mg (< %1.4), Ca (< %3.8), Na (< %1.1), K (< %1.7), Ti (< %0.55), P (< %0.066)) konsantrasyonları sınır değerlerden düşük çıkmıştır. Maden dere+maden drenajı deşarj noktasına ait örnek (D1 örneği) Si, Mg ve Ti elementlerini en az barındıran örnektir. Olası dereye ait D4 örneği ise Ca, Na, K ve P elementlerini en az içermektedir. Si, Mg, K elementlerinin en yüksek konsantrasyonları Maden Dere'de (D2 nolu örnek), Ca, Na, Ti elementlerinin en yüksek konsantrasyonları ise Kahyalı Dere'de (D3 nolu örnek) ölçülmüştür. P elementinde D4 nolu örnek hariç diğer örnekler eşit konsantrasyonlarına sahiptirler (Şekil 4.27 c, d, e, f, g, h, i).

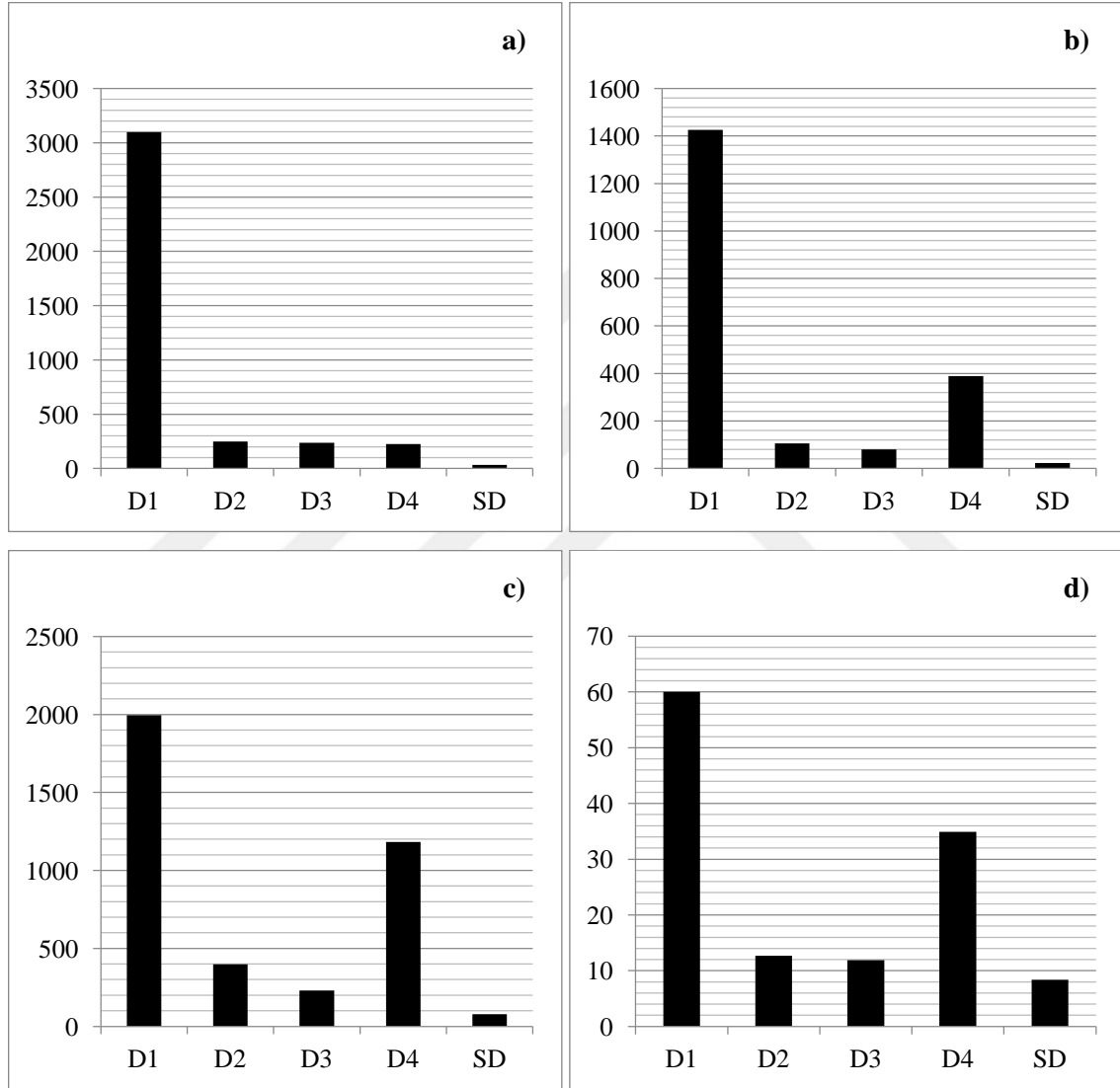
Mn elementinin sınır değeri % 0.062 olarak verilmiştir (Ek Tablo 8). D1 örneği bu değerden düşük ölçülmüş, diğer noktalar ise yüksek değerler vermiştir. En yüksek değer Maden Dere'den (D2 nolu örnek) ölçülmüştür (Şekil 4.27 j).

4.4.2. İz Elementlerin (Ağır Metaller) Dağılımları

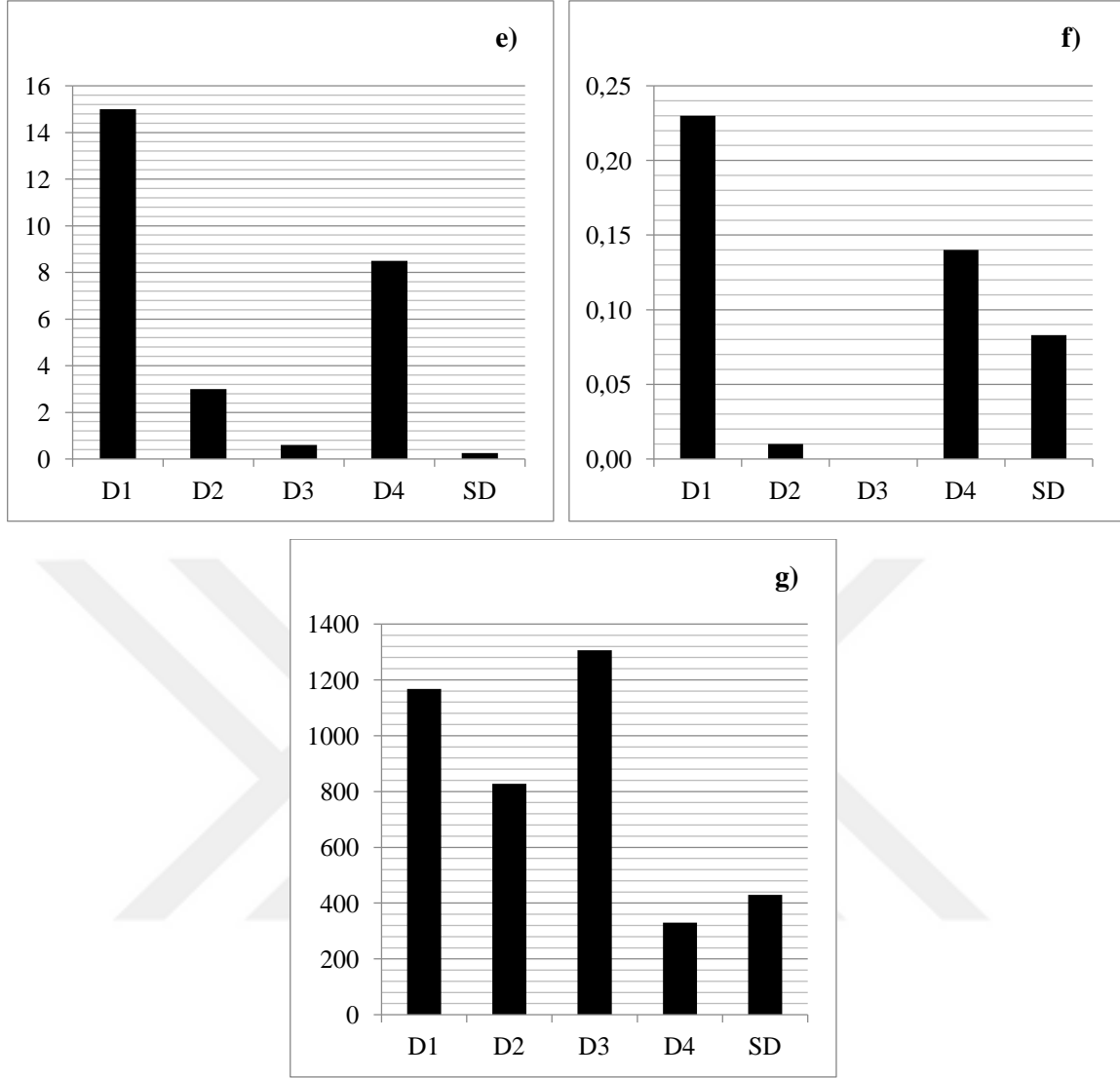
Pb, Zn, As, Cd ve Hg elementlerinde konsantrasyonların büyükten küçüğe dağılımları sırasıyla $D1 > D4 > D2 > D3 > SD$ şeklindedir (Şekil 4.28 b, c, d, e). Pb (23 ppm) elementi ortalama olarak sınır değerden 22 kat, Zn (78 ppm) elementi 12 kat, As (8.4 ppm) elementi 3.5 kat, Cd (0.26 ppm) elementi 26 kat ve Hg (0.083 ppm) elementi ise 1.5 kat zenginleşmiştir (Ek Tablo 9).

Cu elementinde dağılım $D1 > D2 > D3 > D4 > SD$ (32 ppm) şeklinde gözlenmiştir (Şekil 4.28 a). D1 örneği bir sonraki örneğin 12.5 katı oranında birikim yapmıştır (Ek Tablo 9).

Ba elementi $D3 > D1 > D2 > SD$ (430 ppm) $>D4$ şeklinde dağılım göstermektedir (Ek Tablo 9, Şekil 4.28 g).



Şekil 4.28. Dere kumlarının ağır metal dağılımları (a) Cu (ppm), b) Pb (ppm), c) Zn (ppm), d) As (ppm) element dağılımını vermektedir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000).)



Şekil 4.28'in devamı. Dere kumlarının ağır metal dağılımları (e) Cd (ppm), f) Hg (ppm), g) Ba (ppm) element dağılımını vermektedir. SD standart değeri ifade etmektedir (Li. 2000.)

4.4.3. Dere Sedimanlarının Mineralojik Bileşimi

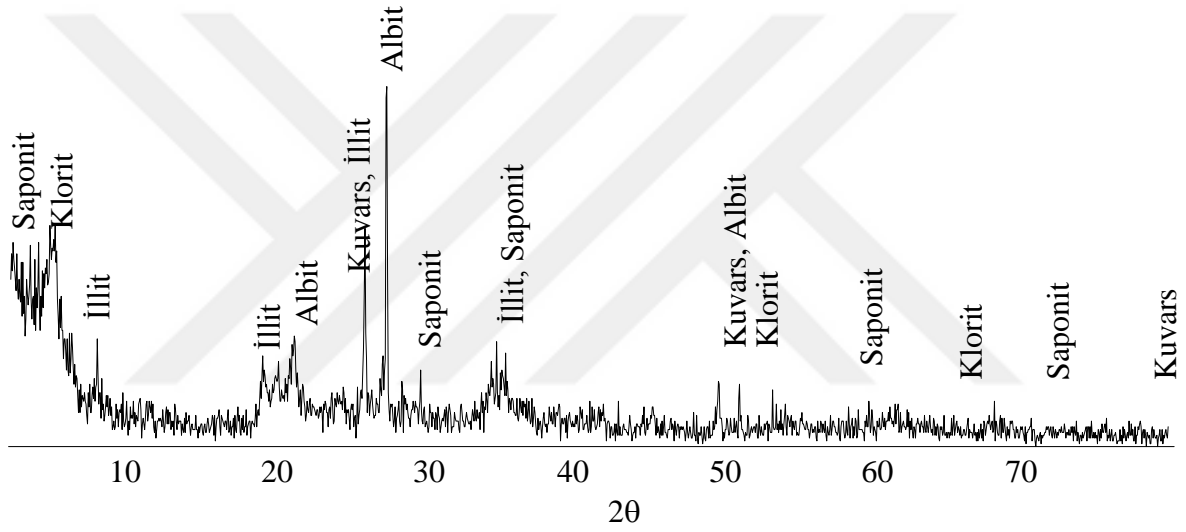
4.4.3.1. Dere Sedimanlarının XRD Sonuçlarına Göre Mineralojik Bileşimi

Çalışma alanında derlenen D1, D2, D3 ve D4 numaralı örnekler üzerinde XRD çalışmaları yapılmıştır. Difraktogramlardan elde edilen mineral çözümlmelerine göre dere sedimanları mineralojik olarak kuvars, montmorillonit, illit, klorit, kaolinit, saponit, anortit ve albitten oluşmaktadır (Şekil 4.29, 4.30, 4.31, 4.32). XRD grafiklerinde çözümlenen

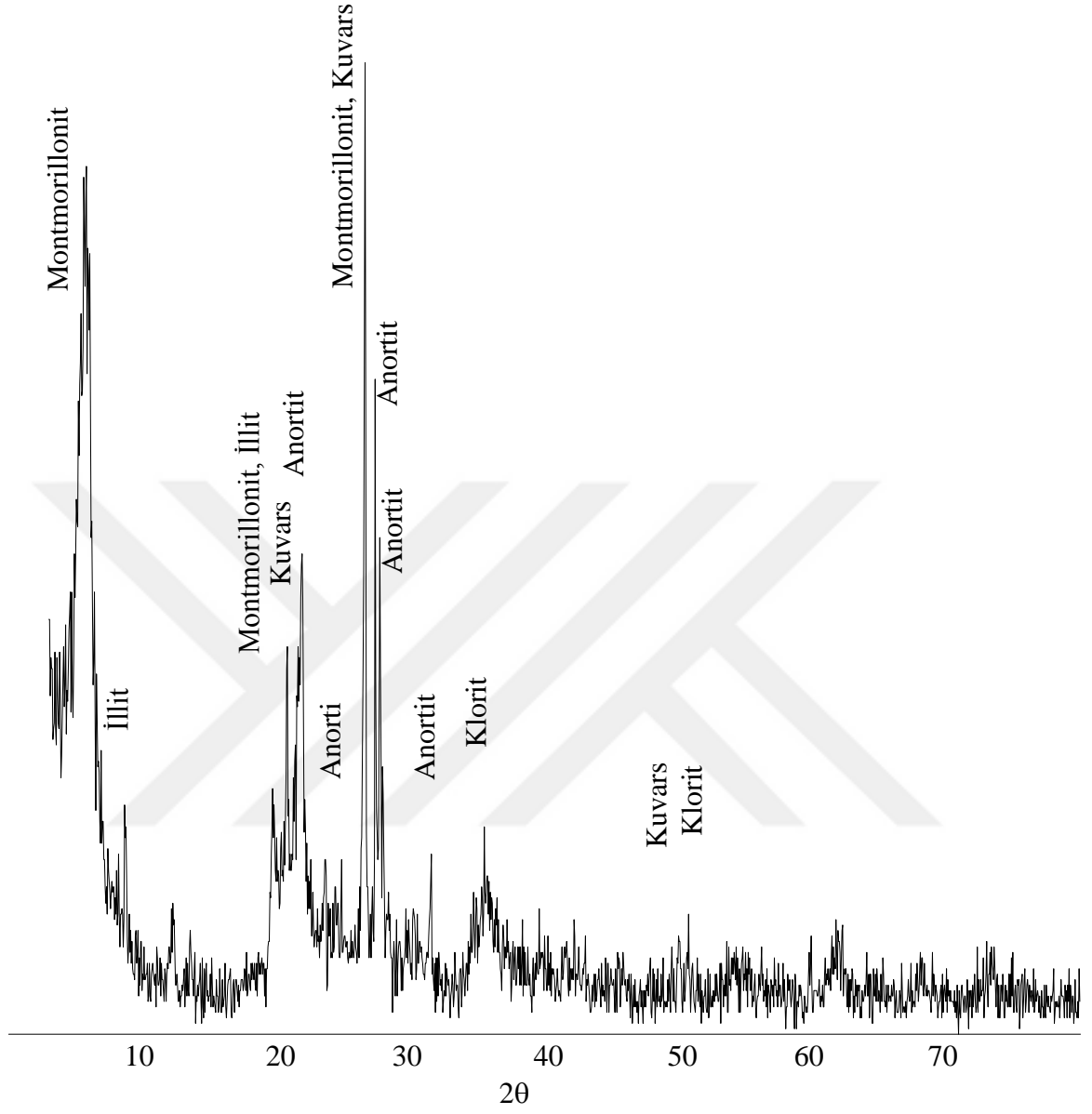
minerallerin her bir örnekteki dağılımı, hesaplanan nicel mineralojik bileşimlerindeki bolluk sıralamalarına göre Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Dere sedimanlarının XRD difraktogramlarından okunan mineral bileşimleri

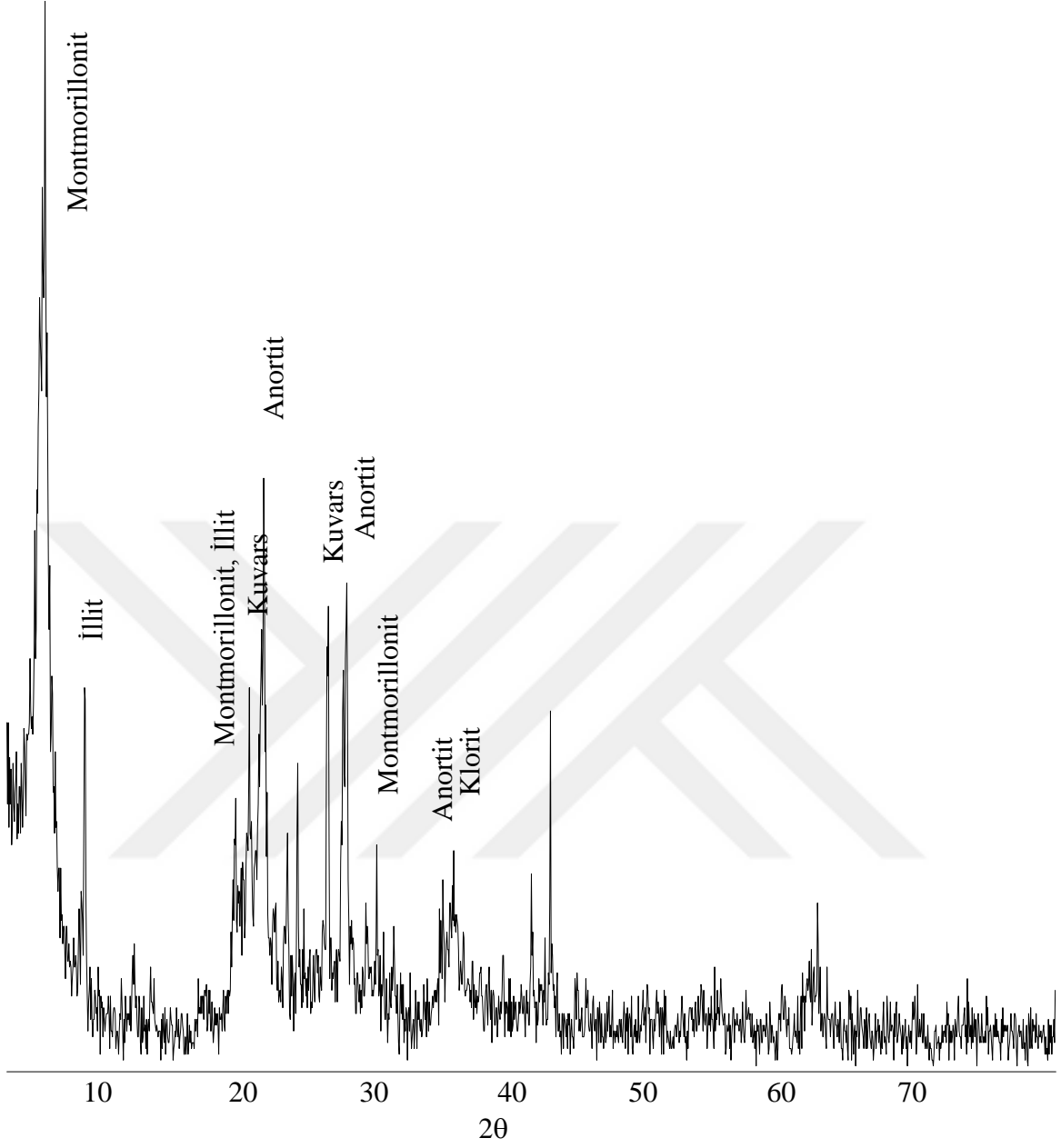
Örnek No	Örnek Yeri	Mineralojik bileşim
D1	Maden Dere + maden drenajı deşarj noktası	Kuars, klorit, saponit, illit, albit
D2	Maden Dere	Montmorillonit, kuvars, illit, anortit, klorit
D3	Kahyalı Dere	Montmorillonit, kuvars, anortit, illit klorit
D4	Olası Dere	Kuars, kaolinit, montmorillonit, illit, saponit, klorit



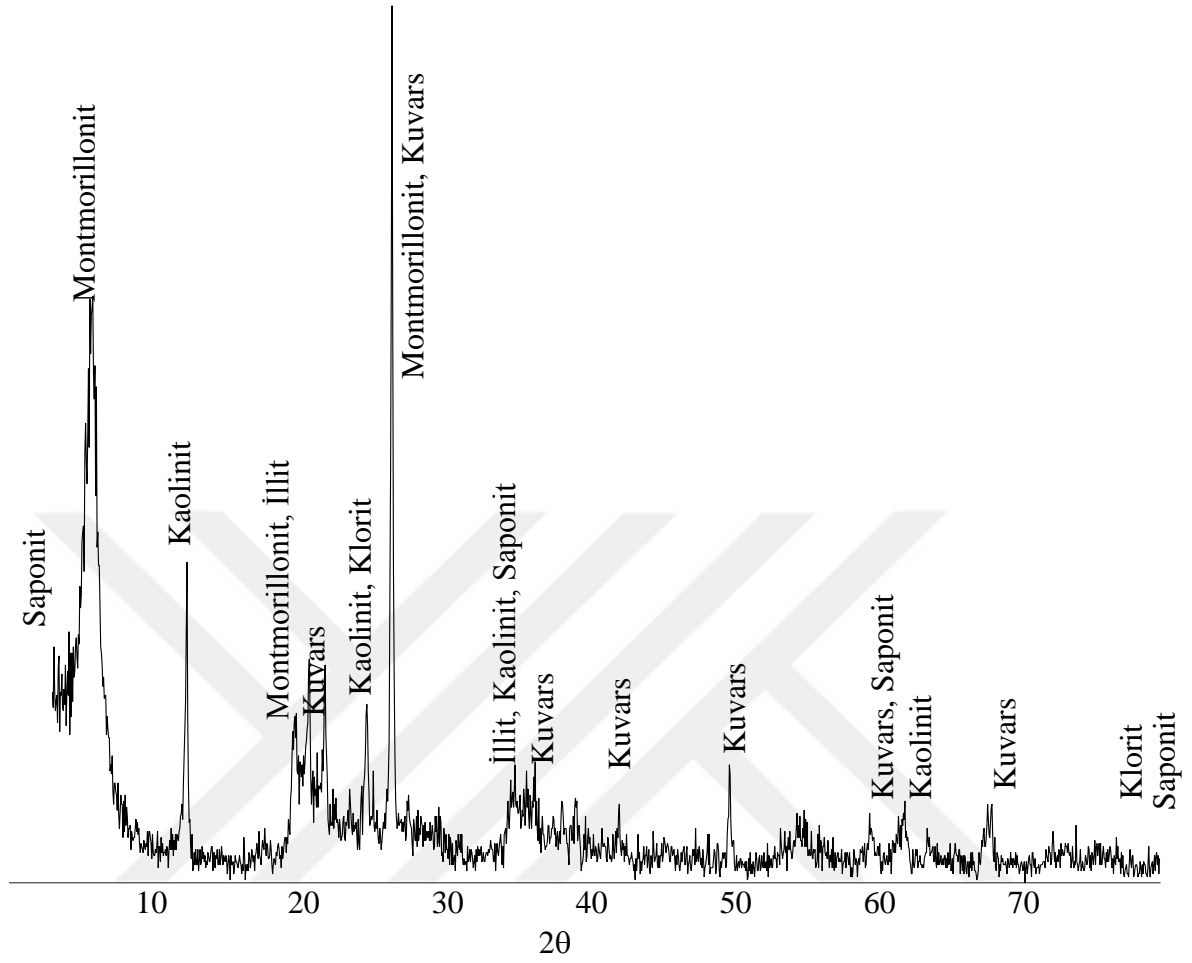
Şekil 4.29. D1 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümü



Şekil 4.30. D2 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümü



Şekil 4.31. D3 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümü



Şekil 4.32. D4 no'lu örneğe ait XRD grafik çözümü

4.4.3.2. Dere Sedimanlarının Nicel Mineralojik Bileşimi (MINSQ Çözümü)

Dere sedimanlarının XRD difraktometresiyle sonuçlandırılan mineralojik bileşimleri yüzde olarak Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre dere sedimanları, aritmetik ortalamalar dikkate alındığında en çok % 26.4 kuvars, % 22.1 montmorillonit, % 13.3 anortit, % 11.7 Fe klorit, % 10.3 illit, % 5.8 kaolinit, % 5.1 saponit, % 2.1 albit ve % 2.7 oranında da diğer minerallerden oluşmaktadır.

Tablo 4.2. Harkköy Madeni'ne ait dere sedimanlarının nicel mineralojik bileşimi

Mineral /Örnek	D1	D2	D3	D4	Min. değ.	Max. değ.	Art. ort.	Med.	Std. sap.
Kuvars	31.0	20.0	24.4	30.0	20,0	31,0	26,4	27,2	5,1
Dolomit	0.3	0.0	0.2	0.2	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1
Apatit	1.2	0.4	0.7	0.6	0,4	1,2	0,7	0,7	0,3
Rutil	0.4	0.5	0.6	0.6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,1
Albit	4.2	-	-	0.0	0,0	4,2	2,1	2,1	3,0
Anortit	-	10.9	15.7	-	10,9	15,7	13,3	13,3	3,4
Sfalerit	0.4	0.0	0.0	0.1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,2
Barit	0.3	0.1	0.2	0.0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1
Galen	0.2	0.0	0.0	0.0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1
İllit	7.3	14.0	11.0	8.9	7,3	14,0	10,3	10,0	2,9
Kaolinit	0.0	0.0	0.0	23.3	0,0	23,3	5,8	0,0	11,7
Montmorillonit	0.0	41.4	31.1	16.0	0,0	41,4	22,1	23,6	18,1
Saponite	12.3	0.0	0.0	7.9	0,0	12,3	5,1	4,0	6,1
Mg Klorit	0.0	0.0	0.0	3.7	0,0	3,7	0,9	0,0	1,9
Fe Klorit	29.6	7.1	10.1	0.0	0,0	29,6	11,7	8,6	12,7
TOPLAM	87.3	94.6	93.9	91.2					
residual SSQ	0.7	0.3	1.0	0.1					

Min değ.: en düşük değer, Max değ.; ait en yüksek değer, Art ort.; aritmetik ortalama, Std sap.; standart sapma ve Med.; medyan değer

5. TARTIŞMA

5.1. Toprak Numunelerinin Değerlendirilmesi

5.1.1. Jeokimyasal Değerlendirmeler

5.1.1.1. Jeobirikim İndeksi (Igeo)

Jeobirikim indeksi (Igeo) hesaplamalarında formül (2), sınıflamalar yapılırken Tablo 3.2 kullanılmıştır.

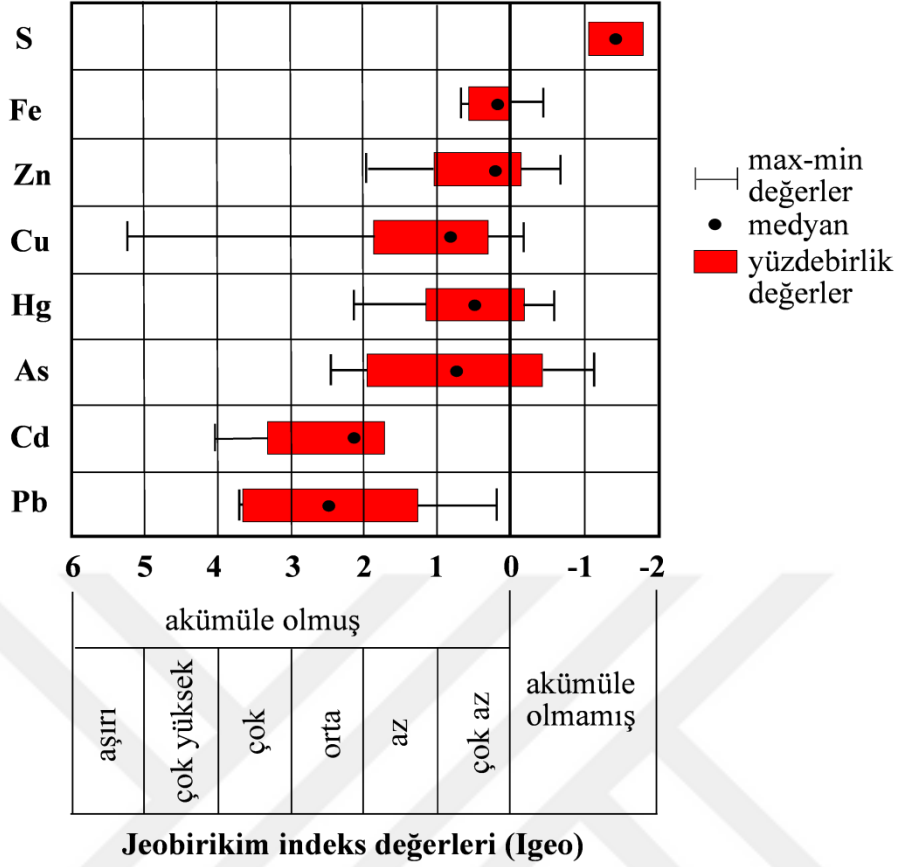
Alanın jeobirikim değerlendirmesi yapılırken ilk bakılacak değer 0 değeridir. Bu değer jeobirikimin gerçekleşmeye başladığı kritik değerdir. Bu kritik jeobirikim değerinin altında kalan tek element (S) kükürttür (Şekil 5.1). S elementine ait medyan değer -1.44 olarak hesaplanmıştır. S elementine ait en küçük ve en büyük jeobirikim indeks değerleri (Igeo) de 0 kritik değerinin altındadır (Ek Tablo 10). Bu bağlamda S elementi çalışma alanının tek jeobirikim yapmayan elementidir. Diğer elementlerin medyan değerleri 0 kritik değerinden büyük olduğundan dolayı o elementler için jeobirikim söz konusudur (Şekil 5.1).

Elementlerin hesaplanan medyan değerlerine göre Fe (0.17), Zn (0.20), Cu (0.83), Hg (0.49) ve As (0.74) elementleri çok az birikim göstermişlerdir (Şekil 5.1). Bununla birlikte en küçük jeobirikim indeks değerlerine bakıldığında aynı elementlerinin birikim yapmamış aralığında oldukları da gözlenmiştir (Şekil 5.1).

Jeobirikim indeks sınıflamalarına göre hesaplanan medyan değerler baz alındığında orta derecede birikim gösteren elementler Cd (2.15) ve Pb (2.50) elementleridir (Şekil 5.1).

Cu elementi yer yer aşırı akümüle olmuş değerler de gösterebilmektedir.

Genel olarak bakıldığında S elementi birikim göstermeyen tek elementtir. Diğer elementlerin jeobirikim indeks değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sırasıyla Pb > Cd > Cu > As > Hg > Zn > Fe şeklinde sıralanmışlardır.



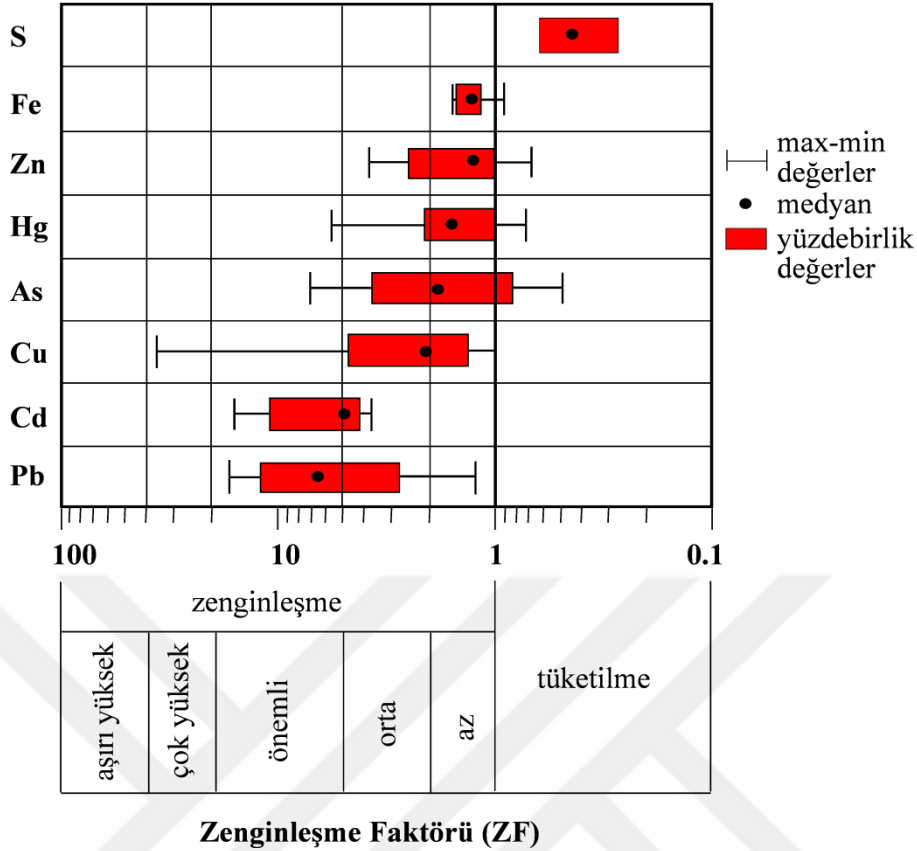
Şekil 5.1. Çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin jeobirikim indeksleri ve sınıflamaları

5.1.1.2. Zenginleşme Faktörü (ZF)

Zenginleşme faktörü (ZF) hesaplamalarında formül (3)'te kullanılan B_n ve B_{ref} değerleri Lindsay, 1979'dan alınmıştır. Zenginleşme faktörüne ait sınıflamalar Tablo 3.3'te, Al elementine (C_{ref} değerleri) ait konsantrasyonlar Ek Tablo 1'de verilmiştir.

Zenginleşme faktörü için kritik değer olan 1'den düşük tek element S elementidir. Bu element tüm örneklerde tüketilme aralığındadır. Fe, Zn, Hg, As elementleri de kısmen tüketilmektedir (Şekil 5.2).

Elementin ait olduğu sınıflama aralığını veren medyan değerlere göre Fe (1.28), Zn (1.28), Hg (1.58), As (1.87) elementleri az düzeyde zenginlik, Cu (2.08), Cd (4.99) orta zenginlik ve son olarak da Pb (6.51) elementi önemli zenginlik sınıfındadırlar (Şekil 5.2, Ek Tablo 11).



Şekil 5.2. Çalışma alanından derlenen toprak örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri ve sınıflamaları

S elementi zenginleşme göstermeyen tek element iken, Cu elementi çok yüksek zenginleşme sınıfında da gözlenebilmektedir. En yüksekten düşüğe doğru zenginleşme sırasıyla $Pb > Cd > Cu > As > Hg > Zn > Fe$ şeklinde sıralanmıştır (Şekil 5.2).

5.1.1.3. Kirlilik Faktörü (C_f), Kirlilik Derecesi (C_{deg})

Kirlilik faktörü (C_f) ve derecesi (C_{deg}) hesaplamaları sırasıyla formül (4) ve formül (5)'e göre yapılmıştır. Sınıflamalar yapılırken kirlilik faktörü için Tablo 3.4, kirlilik derecesi için Tablo 3.5 kullanılmıştır.

Her bir numuneye karşılık gelen elementlere ait kirlilik faktörleri (C_f) Ek Tablo 12'de verilmiştir. Her bir elemente karşılık gelen minimum, maksimum ve ortalama kirlilik faktörleri ve sınıflamaları Tablo 5.1'de verilmiştir. Bu değerlere göre S elementi düşük kirlilik, Fe, Zn, Hg elementleri orta dereceli kirlilik, As elementi önemli dereceli kirlilik ve Cu, Cd, Pb elementleri çok yüksek dereceli kirlilik oluşturmuşlardır.

Tablo 5.1. Harkköy Madeninden derlenen toprak örneklerinin minimum, maksimum ve ortalama kirlilik faktörleri ve sınıflamaları

Elementler	Kirlilik Faktörü C_f		Sınıflama C_f
	min - max	ort	
Pb	1,72 - 19,66	9,81	Çok yüksek dereceli
Cd	5,00 - 25,00	10,24	Çok yüksek dereceli
Cu	1,33 - 57,49	9,79	Çok yüksek dereceli
As	0,68 - 8,28	3,48	Önemli dereceli kirlilik
Hg	1,00 - 6,67	2,63	Orta dereceli kirlilik
Zn	0,94 - 5,94	2,32	Orta dereceli kirlilik
Fe	1,11 - 2,39	1,79	Orta dereceli kirlilik
Se	0,43 - 0,71	0,57	Düşük kirlilik

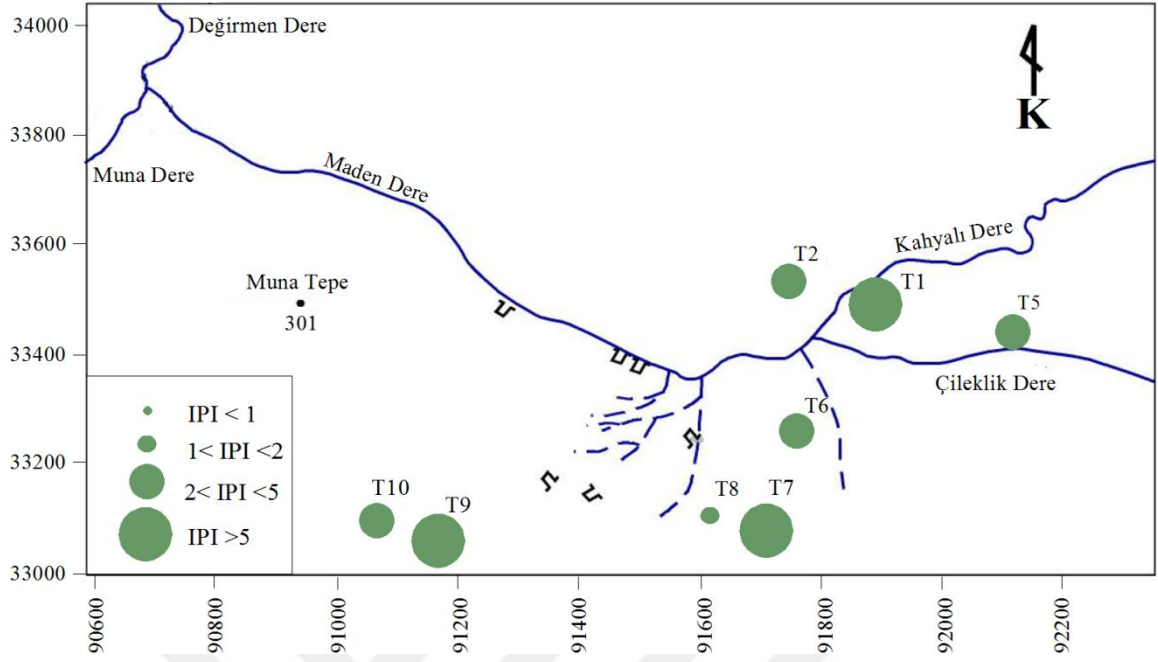
C_f , kirlilik faktörü, min minimum değer, max maksimum değer, ort ortalama değer

Kirlilik faktörlerinin ortalamaları toplandığında çıkan sonuç çalışma alanının kirlilik derecesini (C_{deg}) vermektedir. Bu durumda çalışma alanının kirlilik derecesi (C_{deg}) 40.62 olarak hesaplanır. Bu değer ile çalışma alanını teşkil eden topraklar çok yüksek derecede kirli sınıfa girmektedir.

5.1.1.4. Bütünleşik Kirlilik İndeksi (IPI)

Bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) formül (6)'ya göre hesaplanarak çıkan sonucun açıklaması Tablo 3.6'ya göre yapılmıştır.

Numune bazında kirlilik değerlendirmesine göre T1, T7, T9 örnekleri çok yüksek derecede kirli, T2, T5, T6, T10 örnekleri önemli derecede kirli, geri kalan T8 örneği ise orta derecede kirli olarak hesaplanmıştır (Ek Tablo 12). Hesaplanan indeksler sembollerle haritalanmıştır. Bütünleşik kirlilik indeksi değerlendirmesine göre örnekler topraktaki element dağılımına benzer bir şekilde düzensiz dağılım göstermişlerdir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Çalışma sahasına ait numune bazında kirlilik oranları (IPI, bütünleşik kirlilik indeksi)

5.1.2. Topraktaki Kirliliğin İstatistiksel Açından Değerlendirilmesi

Tablo 5.2'de korelasyon matrisi verilmiştir. Verilerin logaritmik değerleri kullanılmıştır. Bu matrise göre As-Pb, Hg-As, Hg-Pb elementleri arasında $P \leq 0.01$ anlamlılık düzeyine göre pozitif korelasyon vardır. Cu-Zn, Cd-Zn elementleri arasında ise $P \leq 0.05$ anlamlılık düzeyine göre pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Fe elementinin her iki anlamlılık düzeyine göre ilişki tespit edilememiştir.

Tablo 5.2. Harkköy Madeni'ne ait toprak örneklerinin pearson korelasyon matrisi

	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Fe
Cu	1					
Pb	0,684	1				
Zn	0,768*	0,514	1			
As	0,631	0,949**	0,5	1		
Cd	0,711	0,386	0,803*	0,173	1	
Fe	0,591	0,486	0,278	0,303	0,559	1
Hg	0,535	0,926**	0,248	0,921**	0,042	0,334

* $P \leq 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $P \leq 0.01$ anlamlılık düzeyi

5.2. Fındık Ağacı (*Corylus Avellana*) Numunelerinin Değerlendirilmesi

5.2.1. Jeokimyasal Değerlendirmeler

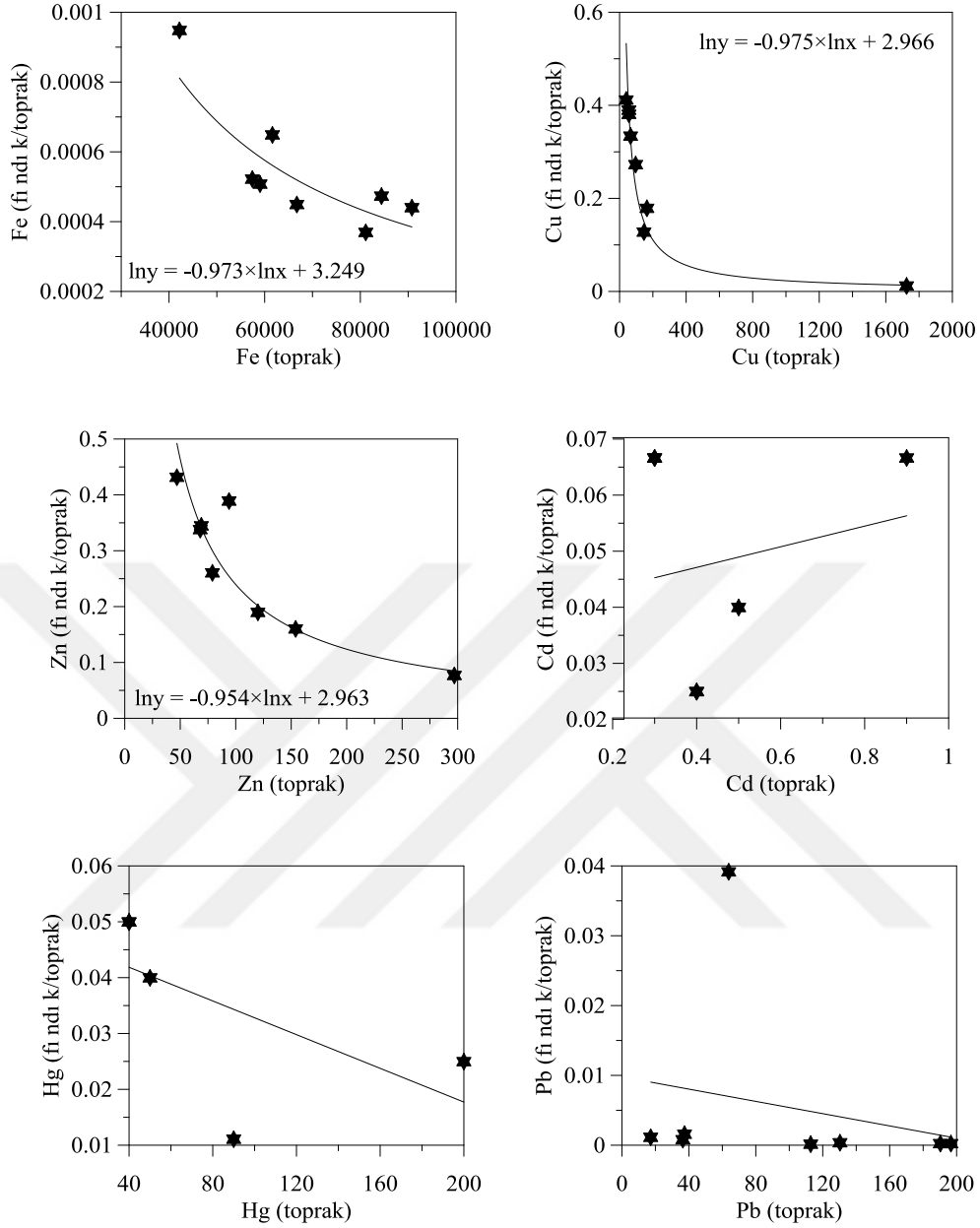
5.2.1.1. Elementlerin Bitki İçin Gerekliliği ve Eşik Değerler

Eşik değerlerin hesaplanmasında topraktan okunan konsantrasyon değerleri baz alınmıştır. Fındıktaki konsantrasyonlar topraktaki konsantrasyonlara oranlanarak zenginleşme faktörleri elde edilmiştir. Zenginleşme faktörlerinin topraktaki element konsantrasyonlarına göre dağılımları grafiklenmiş (Şekil 5.5), bu grafiklerle bitkinin ihtiyacı olan elementler tespit edilmiştir. Dağılımları hiperbolik eğri oluşturan elementler bitki için gerekli elementtir ve eşik değerleri hesaplanmıştır. Bazı örnek noktalarındaki S ve As elementlerinin toprakta veya bitkide dedeksiyon limitlerinin altında sonuç vermelerinden dolayı eşik değerleri hesaplanamamıştır. Hesaplanan numune sayısı ve eşik değerler Tablo 5.3'de, fındık-toprak oranları Ek Tablo 13'de verilmiştir.

Fe, Cu, Zn elementlerinde dağılımlar eğri oluşturmuşlardır. Bu elementler bitkinin büyümesi için gerekli elementlerdir (Şekil 5.5). Cd, Pb ve Hg elementleri fındık gelişimi ve fizyolojisi için gerekli element değillerdir (Şekil 5.5). Bu nedenle Cd, Pb ve Hg elementleri ile bitki arasında doğrusal bir ilişki vardır.

Fe elementinin hiperbolik eğriye ait denklemden ($\ln y = -0.973 \times \ln x + 3.249$) hesaplanan eşik değeri 28 ppm olarak bulunmuştur (Tablo 5.3). Çalışma alanından derlenen fındıkların Fe element içeriği 30 ppm ve 40 ppm şeklinde okunmuştur (Ek Tablo 1). Bu değerler eşik değerinin üzerindedir.

Cu elementinin ($\ln y = -0.975 \times \ln x + 2.966$) eşik değeri 21 ppm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.3). Cu elementine ait en düşük ve en yüksek değerler 16.43 ppm ve 29.42 ppm'dir (Ek Tablo 1). Genel olarak değerlerin 21 ppm civarında olduğu görülmektedir (21.06 ppm, 21.42 ppm, 21.76 ppm, 22.13 ppm). F7 (29.42 ppm) ve F9 (26.32) nolu örnekler eşik değerinin üzerinde ve F2 (18.74 ppm) ve F10 (16.43 ppm) nolu örnekler ise eşik değerinin altında konsantrasyonlara sahiptirler. Fındıkların genel itibari ile Cu elementine doymun olduğu sonuçlardan görülebilmektedir.



Şekil 5.5. Fe, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb elementlerinin fındık meyvelerinde birikimleri

Zn elementi için elde edilen ($\ln y = -0.954 \times \ln x + 2.963$) eşitliğe göre eşik değeri 22 ppm'dir (Tablo 5.3). Zn elementine ait konsantrasyonlar (20.3 ppm, 20.6 ppm, 22.8 ppm, 22.9 ppm, 23.0 ppm, 23.8 ppm, 24.7 ppm) eşik değer civarında olması fındıkların Zn elementine doymaya başladığının göstergesidir. Yalnızca T9 örneği 36.6 ppm ile eşik değer üzerinde olduğu kabul edilebilir (Ek Tablo 1).

Tablo 5.3. Fındıklara ait elementlerin hesaplanan numune sayıları ve eşik değerleri

Elementler	Hesaplanan numune sayısı	Eşik değer (ppm)
Fe	8	28
Cu	8	21
Zn	8	22

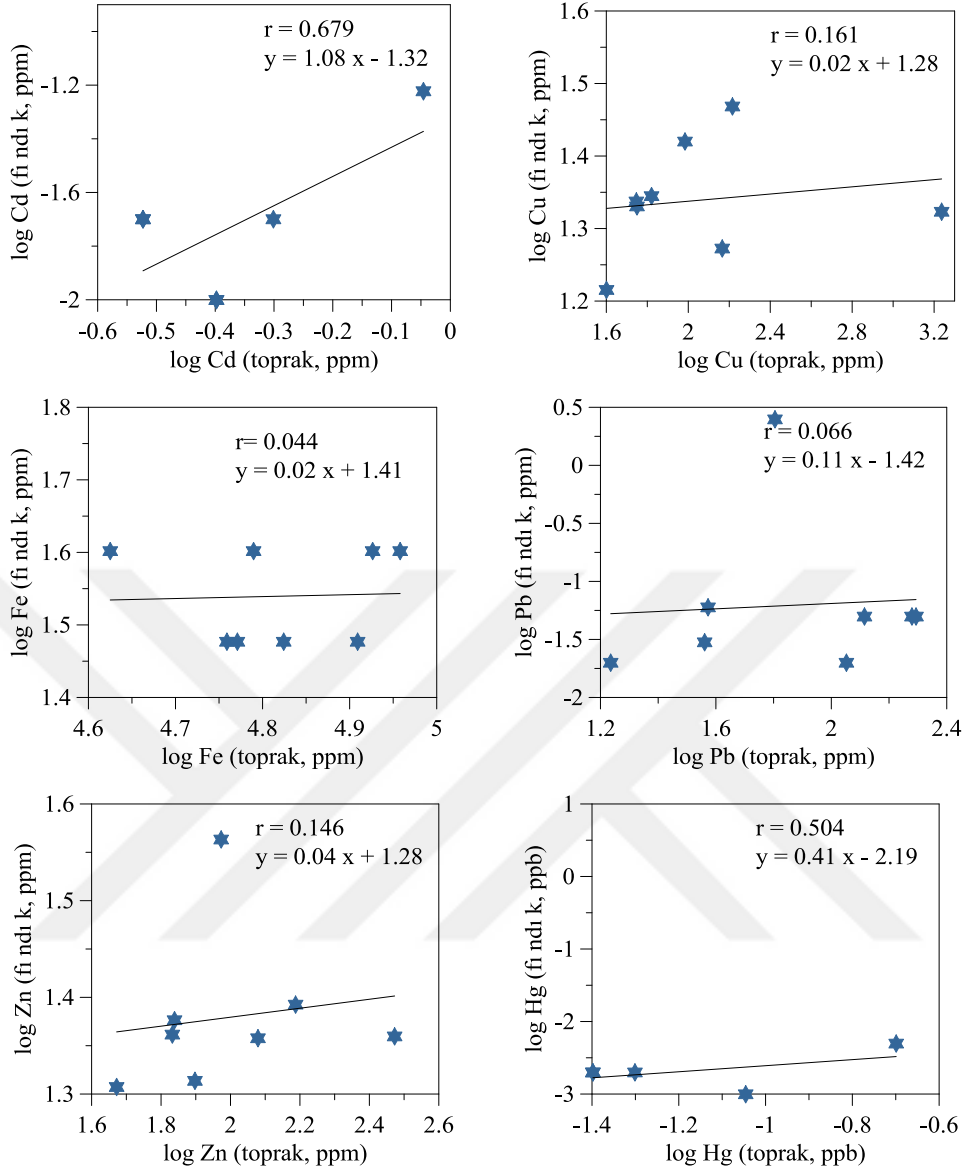
Fındıkların Cu, Fe ve Zn elementlerine doygun olması bu elementlerin alımına sınır getirecektir. Fe konsantrasyonların sabit olarak 30 ppm ve 40 ppm okunmasının nedeni bu olabilir. Eğer topraktan Cu, Fe ve Zn elementlerinin alımına devam edilirse fındıkta fiziksel hastalıklar görülebilecektir. Değerlerin dikkat çekecek kadar eşik değeri aşmamış olması fındıklar için kirlilik yorumu yapmaya yeterli değildir. Aynı şekilde fındık yapraklarında belirgin lekelenmeler görülmemiş olması fındığın maden tarafından kirlenmediğinin bir göstergesidir.

5.2.1.2. Toprakla Fındık Arasındaki Metal İlişkisi

Toprakla fındık arasındaki metal alışverişi incelendiğinde $P \leq 0.01$ veya $P \leq 0.05$ düzeyinde anlamlılık elde edilememiştir. Bu sonuç fındıktaki element miktarının doğrudan toprağa bağlı olmadığını, arada başka etmenlerin de olduğunu göstermektedir (Şekil 5.6). Tüm grafikler de ilişkilerin pozitif yönde olduğu görülmektedir. Pozitif ilişki topraktaki element konsantrasyonundaki artışın fındığı da etkileyeceğinin bir göstergesidir.

Fındığın metal birikimini etkileme kapasitesi olan eğim katsayısı (a) Cd elementinde 1 değerinden büyüktür (Tablo 5.4). Bu sonuç fındığın Cd elementini bünyesine almak konusunda toprağa bağlı olmadığını göstermektedir. Diğer elementlerde eğim katsayıları 1 değerinden düşüktür. Böylece düşük toprak konsantrasyonlarında fındık, aktif olarak yoğun bir şekilde elementi bünyesine almakta veya yüksek toprak konsantrasyonlarında fındık, elementi bünyesine daha düşük oranlarda almaktadır.

b katsayıları dikkate alındığında fındığın en çok Fe elementini bünyesine aldığı görülmektedir. Sonrasında eşit oranlarda Cu ve Zn elementlerini bünyesine almaktadır. Fındık Fe, Cu ve Zn elementlerini diğer elementlere kıyasla yüksek oranlarda biriktirebilme kapasitesine sahiptir. Fındık için gerekli olmayan Cd, Pb ve Hg elementleri bünyeye oldukça az oranlarda alınmaktadır (Tablo 5.4).



Şekil 5.6. Toprak ve fındık arasındaki pozitif element ilişkileri

Tablo 5.4. Elementlere ait transfer fonksiyon parametreleri

Elementler	Transfer fonksiyon parametreleri	
	a	b
Cd	1.08	0.05
Cu	0.02	19.05
Fe	0.02	26
Pb	0.11	0.04
Zn	0.04	19.05
Hg	0.41	0.01

5.2.1.3. Elementlerin Fındık Ağaçlarında Zenginleşme Oranları

5.2.1.3.1. Toprak ve Dala Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

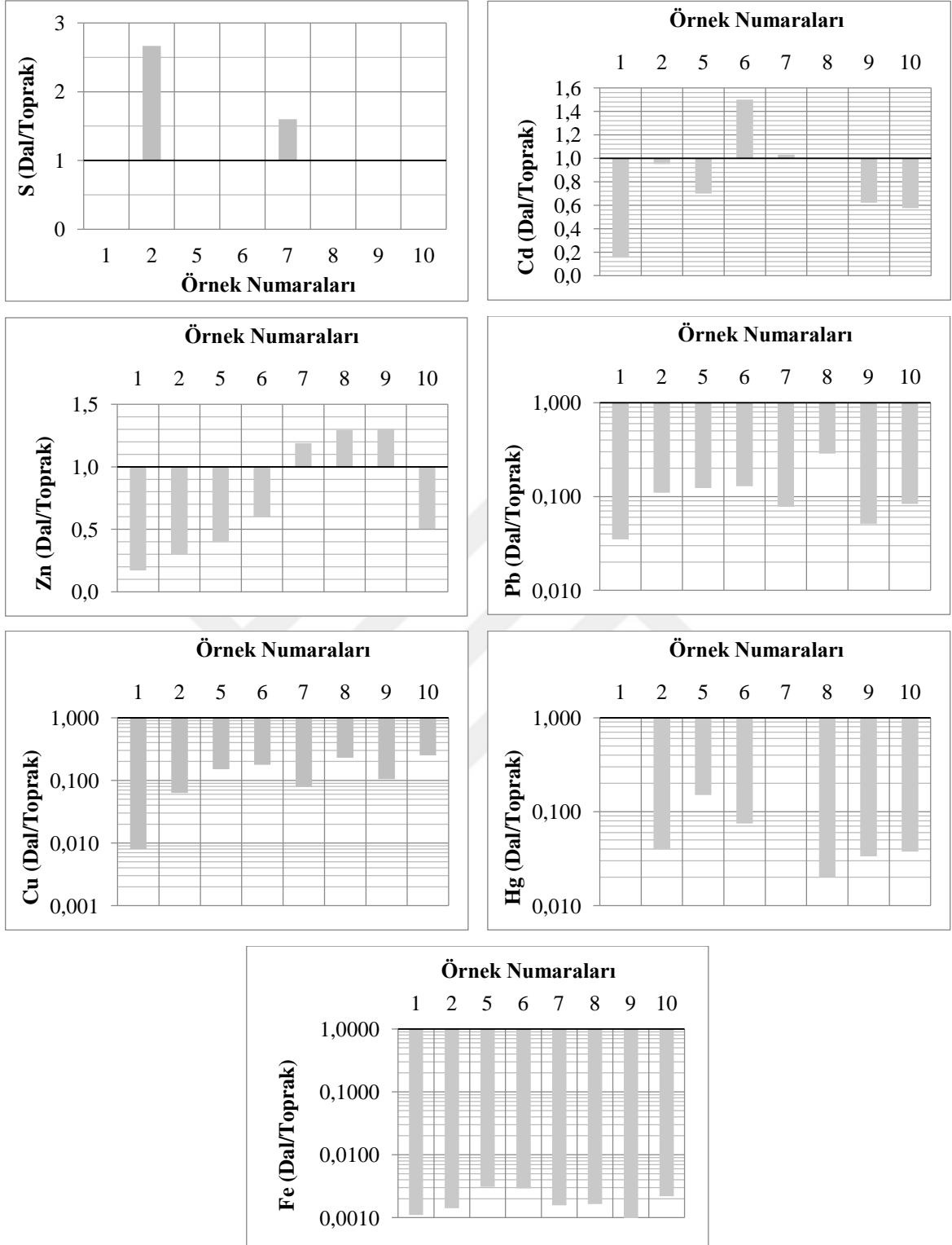
Her bir elementin daldaki konsantrasyonunun topraktaki konsantrasyonuna bölünmesiyle elde edilen sonuçlar zenginleşme katsayısı olarak ifade edilecektir. Bu oranlama sonucunda elde edilen 1'den küçük değerler dalın topraktan daha fakir element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1 dal ile toprağın eşit element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1'in üzerindeki değerler ise daldaki element konsantrasyonunun toprağa göre zenginleştiğini göstermektedir.

En yüksek dal/toprak oranlara göre Cd ve Zn için belli bir zenginleşme görülürken Fe, Cu, Pb, As ve Hg için hiçbir örnekte zenginleşme söz konusu değildir (Tablo 5.5). S elementi için hesaplanabilen iki örnek de toprağa göre zenginleşmişlerdir. 7 nolu örneğin dalı S, Zn elementlerince zenginleşmiş ve Cd elementini de toprakla aynı konsantrasyona eşitlemiştir (Ek Tablo 14). Dalların toprağa göre en yüksek zenginleşme katsayıları sırasıyla $S > Cd > Zn > Pb > Cu > Hg > As > Fe$ olarak bulunmuştur (Şekil 5.7).

Tablo 5.5. En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) dal/toprak zenginleşme katsayıları

Dal / Toprak Zenginleşme Katsayıları					
Elementler	Değer	Dal/Toprak	Elementler	Değer	Dal/Toprak
Fe	Min	0.001	Hg	Min	0.02
	Max	0.003		Max	0.15
	Ort	0.002		Ort	0.06
Cu	Min	0.008	Cd	Min	0.15
	Max	0.250		Max	1.50
	Ort	0.133		Ort	0.79
Pb	Min	0.03	Zn	Min	0.17
	Max	0.29		Max	1.30
	Ort	0.11		Ort	0.72
As	1 no ö	0.007			
	9 no ö	0.018			
	6 no ö	0.01			

ö örnek



Şekil 5.7. Her bir elementin örnek bazında dal/toprak oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları

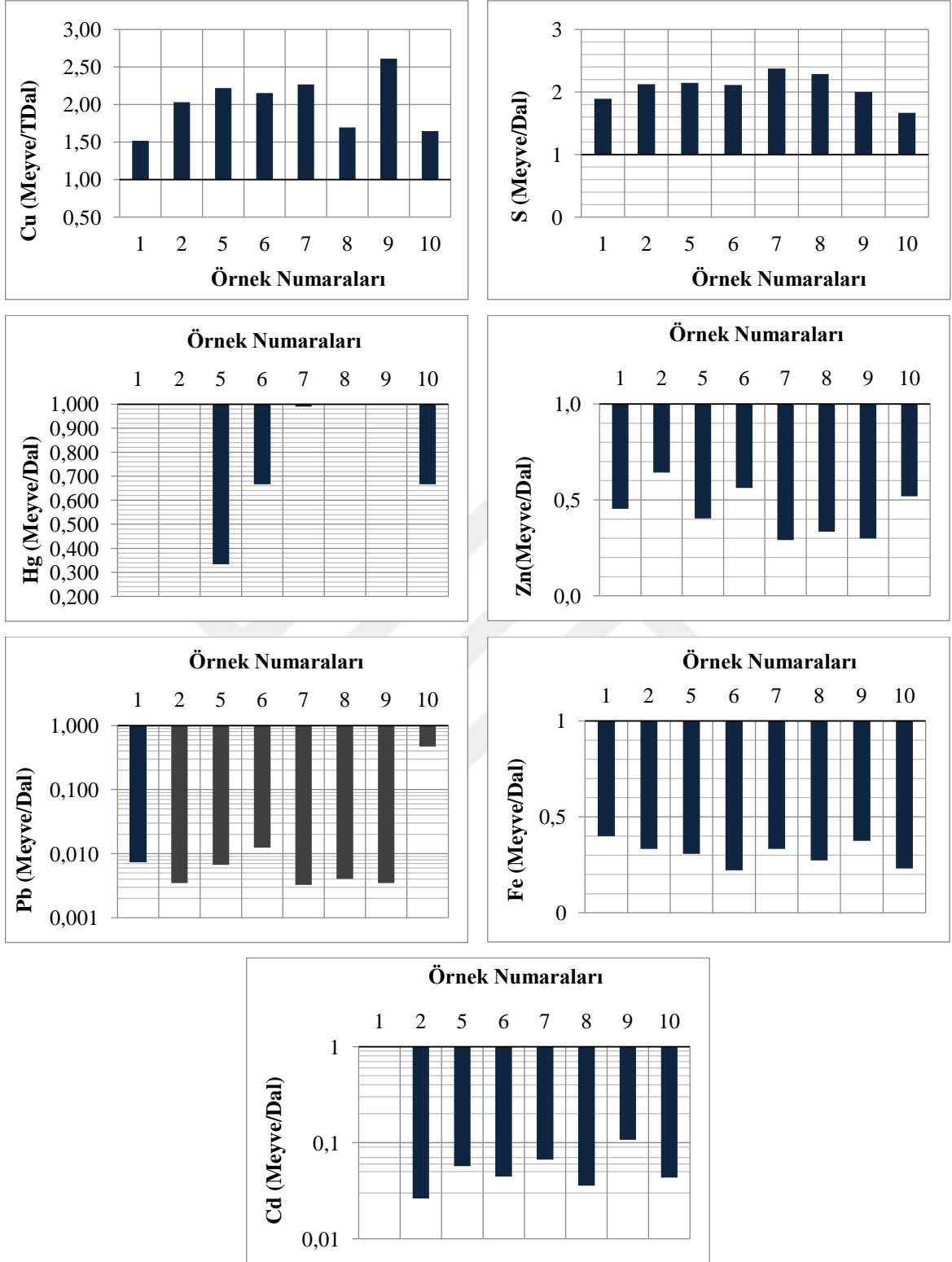
5.2.1.3.2. Meyve ve Dala Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Zenginleşme katsayısı her bir elementin meyvedeki konsantrasyonunun daldaki konsantrasyonuna bölünmesiyle elde edilmiştir. 1'den küçük değerler dalın topraktan daha fakir element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1 dal ile toprağın eşit element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1'in üzerindeki değerler ise daldaki element konsantrasyonunun toprağa göre zenginleştiğini göstermektedir.

Tüm meyve örneklerinde S ve Cu elementleri dalların ortalama 2 katı kadar zenginleşmiştir (Tablo 5.6). Bundan farklı olarak 6 nolu örnekte ayrıca As elementi, 7 nolu örnekte ise Hg elementi fındık ve dalda eşit oranda birikim yapmışlardır (Ek Tablo 14). Hg elementi ile birlikte Fe, Pb, Zn, Cd elementleri hiçbir örnekte zenginleşme göstermemişlerdir (Şekil 5.8). En büyük zenginleşme katsayılarına dayanılarak fındıklardaki element zenginleşmeleri $Cu>S>Hg>As>Zn>Pb>Fe>Cd$ şeklinde sıralanmaktadır.

Tablo 5.6. En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) meyve/dal zenginleşme katsayıları

Meyve/ Dal Zenginleşme Katsayıları					
Elementler	Değer	Meyve /Dal	Elementler	Değer	Meyve /Dal
Fe	Min	0,22	Hg	Min	0,33
	Max	0,40		Max	1,00
	Ort	0,31		Ort	0,66
S	Min	1,67	Cd	Min	0,03
	Max	2,38		Max	0,11
	Ort	2,07		Ort	0,05
Cu	Min	1,52	Zn	Min	0,29
	Max	2,61		Max	0,64
	Ort	2,02		Ort	0,44
Pb	Min	0,003			
	Max	0,47			
	Ort	0,06			



Şekil 5.8. Elementlerin örnek bazında meyve/dal oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları

5.2.1.3.3. Meyve ve Toprağa Ait Element Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

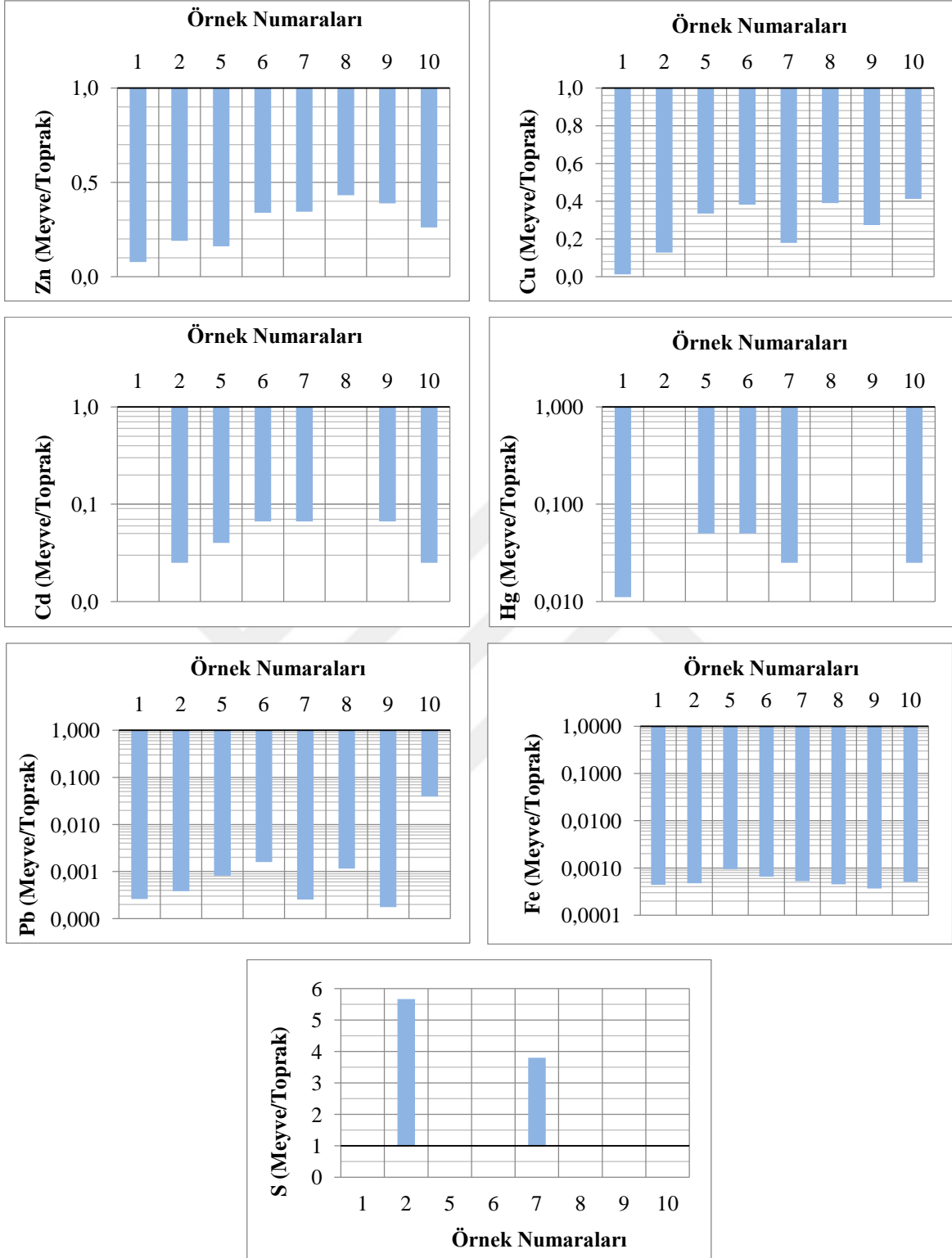
Meyvedeki konsantrasyonun toprak konsantrasyonuna oranlanmasıyla elde edilen . 1'den küçük değerler meyvenin topraktan daha fakir element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1 meyve ile toprağın eşit element konsantrasyonuna sahip olduğunu, 1'in üzerindeki değerler ise meyvedeki element konsantrasyonunun toprağa göre zenginleştiğini ifade etmektedir.

S elementinde sadece iki noktada oranlama yapılabilmektedir. S elementinin zenginleşme katsayıları 3.8 ve 5.67 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.7). S hariç olmak üzere hiçbir element meyvede toprağa göre zenginleşmemiştir (Ek Tablo 11). En büyük zenginleşme katsayılarına göre fındıklar toprağa kıyasla S>Zn>Cu>Cd>Hg>Pb>As>Fe şeklinde sıralanabilmektedir (Şekil 5.9).

Tablo 5.7. En küçük (min), ortalama (ort) ve en büyük (max) meyve/toprak zenginleşme katsayıları

Meyve / Toprak Zenginleşme Katsayıları					
Elementler	Değer	Meyve/Toprak	Elementler	Değer	Meyve/Toprak
Fe	Min	0,0004	Hg	Min	0,011
	Max	0,0009		Max	0,050
	Ort	0,0005		Ort	0,032
Pb	Min	0,0002	Cd	Min	0,025
	Max	0,0392		Max	0,067
	Ort	0,0055		Ort	0,048
Cu	Min	0,01	Zn	Min	0,08
	Max	0,41		Max	0,43
	Ort	0,26		Ort	0,27
S	2 no ö.	5,67			
	7 no ö	3,80			

ö örnek



Şekil 5.9. Elementlerin örnek bazında meyve/toprak oranlarını gösteren zenginleşme diyagramları

S elementi fındık ağacının topraktan en çok aldığı elementtir. Hem meyvesinde hem de dalında fındık, topraktan daha çok S içerir (Şekil 5.7, Şekil 5.9). Eğer dedeksiyon limiti altında kalan topraktaki her bir nokta dedeksiyon limiti olan 200 ppm olarak okunabilseydi meyvede 9.5 kat, dalda 4.5 kat S elementi birikimi gerçekleşecekti (Tablo 5.8). Fakat topraktaki S element konsantrasyonu bu limitin altında olduğuna göre meyve ve dalda çok daha fazla S birikimi olduğu düşünülmektedir.

Tablo 5.8. Dedeksiyon limitinde (200 ppm) ölçüldüğü varsayılan S elementinin meyve/toprak ve dal/toprak zenginleşme katsayıları

Örnek Noktaları	S (toprak)	S* (meyve)	S* (dal)	S (meyve/toprak)	S (dal/toprak)
1	200	1700	900	8,50	4,5
5	200	1500	700	7,50	3,5
6	200	1900	900	9,50	4,5
8	200	1600	700	8,00	3,5
9	200	1800	900	9,00	4,5

* Ölçülen değerler, Tüm değerler ppm cinsinden verilmiştir.

S elementi hakkında fındıklar için gerekli element olup olmadığına dair bir araştırma yoktur. S elementinin amino asit yapıda canlı bünyesine katılması S elementinin fındık için de gerekli element olacağını düşündürmektedir. Zira fındık methionine ve cysteine gibi sülfür içerikli amino asitler (Nimni vd., 2007) ve tiamin ve biotin gibi sülfür içerikli vitaminler (Nimni vd., 2007) içermektedir (Alasalvar vd., 2003). Topraklarda yeterli ölçüm yapılamadığından S elementi için yorum yapılamayacaktır.

Cu elementi meyvede dala oranla zenginleşen bir diğer elementtir. Elementlerin bitki için gerekliliği ve eşik değerler konusunda açıklandığı üzere meyveler Cu elementine doygundur ve alımına sınırlama getirilmiştir (Tablo 5.3, Ek Tablo 2). Cu elementinin fazlalığı köklerde ve yapraklarda biriktirilmiş olabilir.

Meyveye oranla dalda birikim yapan elementler Zn, Cd, Hg, Fe ve Pb elementleridir. Bu elementlerden Zn ve Fe elementleri Cu elementine benzer şekilde meyvede yeterli birikim yapmışlardır (Tablo 5.3, Ek Tablo 2) ve fazla konsantrasyonları fındık bitkisinin kök ve yapraklarında biriktirmesi beklenmektedir. Cd, Hg ve Pb elementleri fındık için gerekli element olmayıp (Şekil 5.5) bitki tarafından alımı kontrol edilemeyen

elementlerdir. Bu elementlerin alımı farklı koşul ve özelliklere bağlı olduğu için bunların kirli kabul edilme sınırı günlük tüketim miktarlarına endekslenmiştir.

5.2.2. Harkköy Madeni Etkisi Altındaki Fındıkların İnsan Sağlığına Etkileri

Fındıkların kişilerce tüketilmesi sonucu sağlık problemi oluşturabilme kapasitelerini araştırmak amacıyla ağır metallerin tahmini günlük alım değerleri hesaplanmıştır. Bunun için 50 kiloluk bir yetişkinin günlük 20 gr fındık tükettiği varsayılacaktır. Hesaplama yapılırken elementlerin en yüksek konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Referans değerleri haftalık verilen Pb, Cd ve Hg elementlerinin de tahmini günlük tüketim değerleri (EDI) hesaplanarak haftalık sonuçlara gidilmiştir.

Tablo 5.11. Elementlerin tavsiye edilen günlük/haftalık tüketim miktarları ile Harkköy Madeni etrafındaki fındıklar için hesaplanan tahmini günlük tüketim değerleri

Elementler	Referans Tüketim Miktarı (WHO ^a , mg/kg)	Tahmini Günlük Tüketim (EDI, mg/kg)
Fe	0,8	0.02
Cu	0,5	0.01
Zn	1	0.01
As	0.002	4×10^{-5}
Pb	3	0.001
Cd	7 *	2×10^{-5} *
Hg	5 *	2×10^{-6} *

a WHO (1982, 1996, 2000, 2006) * µg/kg

50 kiloluk bir yetişkinin günlük veya haftalık tükettiği 20 gr fındıkla herhangi bir elementin referans değerlerine ulaşamadığı görülmektedir (Tablo 5.11). Öyle ki madenin etkisi altında kalan fındıklardan tüketen yetişkin Fe ve As elementlerinin referans değerlerini yakalamak için 50 kat, Cu elementinin referans değerini yakalamak için 42 kat, Zn elementi için 68 kat, Pb elementi için 429 kat, Cd elementi için 41000 kat, Hg elementi için ise 357000 kat fazladan alım yapmalıdır.

Harkköy Madeni gerek fındık bitkisi (*Corylus Avellana*) gerekse fındığı tüketen insanlar için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

5.2.3. Fındıktaki Kirliliğin İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi

5.2.3.1. Fındık Örneklerinin Değerlendirilmesi

Fındık örneğine ait element konsantrasyonları düzenli bir dağılım sağlamadıkları için verilerin logaritmaları alınmıştır. Fındık örneklerinin element ilişkilerini belirlemek için pearson korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Bu korelasyonda Cd ile Zn elementleri arasında % 99 anlamlı sonuç elde edilmiştir (Tablo 5.9). Bu anlamlılık düzeyine göre bu element grubunun korelasyon katsayıları 0.88'dir. Korelasyonun pozitif çıkması bu iki elementin birinin arttığı durumda diğerinin de artacağı, birinin azaldığı durumda diğerinin de azalacağı anlamına gelmektedir. Diğer elementler arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

Tablo 5.9. Harkköy Madeni'ne ait fındık örneklerinin pearson korelasyon matrisi

	Fe	S	Cu	Pb	Zn	Cd
Fe	1					
S	0,084	1				
Cu	-0,382	0,528	1			
Pb	-0,209	-0,342	-0,608	1		
Zn	-0,256	0,294	0,610	-0,416	1	
Cd	-0,030	0,488	0,628	-0,444	0,884**	1
Hg	-0,573	0,401	0,654	-0,040	0,223	0,408

** $P \leq 0.01$ anlamlılık düzeyi

5.2.3.2. Dal Örneklerinin Element İlişkilerinin Belirlenmesi

Dal örneklerine ait pearson korelasyon matrisi çizilmiştir. Elementler arasında $P \leq 0.01$ anlamlılık düzeyinde korelasyon gözlemlenmemiştir (Tablo 5.10). $P \leq 0.05$ anlamlılık düzeyinde ise sadece Fe ve Zn elementleri arasında korelasyon gerçekleşmiştir. Korelasyonun negatif çıkması bu iki elementten birinin artması durumunda diğerinde azalma görüleceği anlamına gelmektedir.

Tablo 5.10. Harkköy Madeni'ne ait dal örneklerinin pearson korelasyon matrisi

	Fe	S	Cu	Pb	Zn	Cd
Fe	1					
S	0,011	1				
Cu	-0,424	-0,127	1			
Pb	-0,369	-0,015	0,111	1		
Zn	-0,759*	-0,069	0,222	-0,027	1	
Cd	-0,011	0,103	-0,574	-0,031	0,417	1
Hg	0,370	-0,686	0,298	0,224	-0,474	-0,611

* $P \leq 0.05$ anlamlılık düzeyi

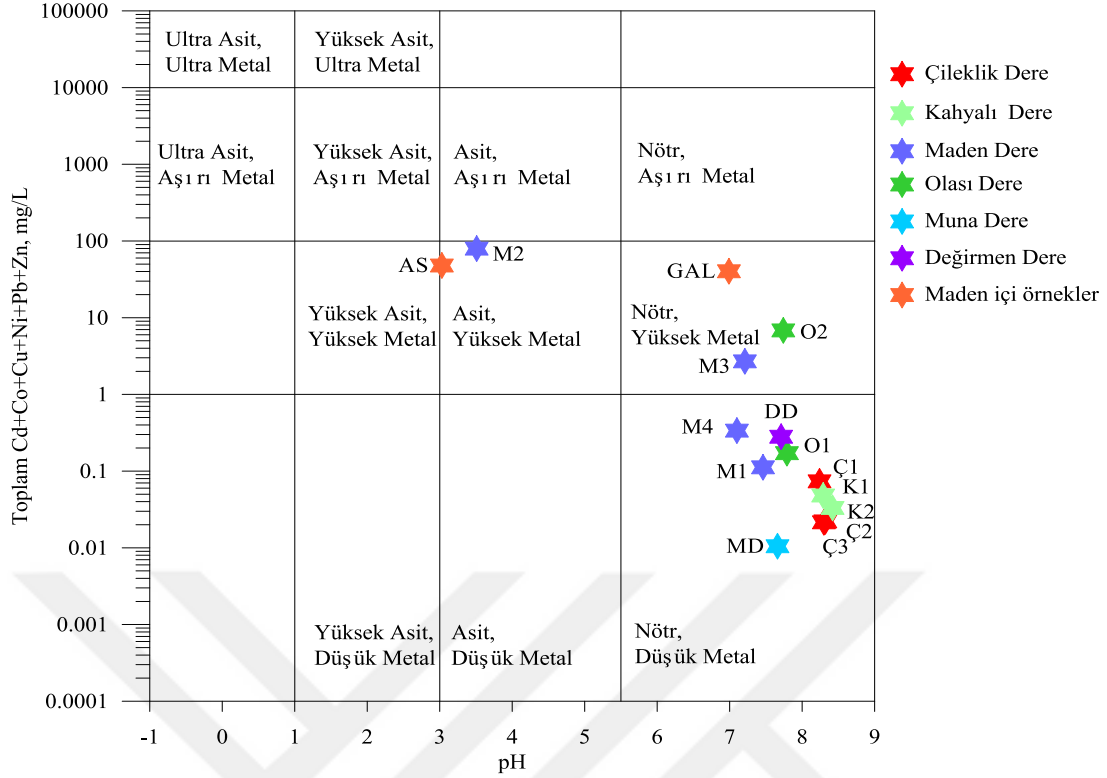
5.3. Su Numunelerinin Değerlendirilmesi

5.3.1. Jeokimyasal Çalışmalar

5.3.1.1. Suların Metal Yüklerinin Asitlik Derecesiyle Belirlenmesi

Maden yatağı çevresinden alınan su örneklerinin pH değerlerine bağlı olarak metal oranlarının belirlenmesi Ficklin diyagramı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5.10). Diyagramın eksenlerine dair veriler Ek Tablo 15'te verilmiştir.

Diyagramdan elde edilen verilere göre örnekler 3 farklı özellikte gruplanmıştır. Birinci grup AS ve M2 örneklerinin oluşturduğu asit ve yüksek metal özelliktedir. Bu iki örnek maden sızıntı sularıdır. İkinci grup GAL, M3 ve O2 örneklerinin yer aldığı nötr olmakla beraber yüksek metal içeriğine sahip gruptur. Bu gruptaki M3 örneği M2 örneğinin akış yönünde olduğu için seyreltilemeyen metallerin tesiri altındadır. GAL örneği galeri içinden akıntıyla beraber ikincil minerallerin taşındığı su koluna ait bir örnektir. O2 örneği cüruf yığını etkisi altındadır. Çözünen minerallerin bünyesine almaktadır. Geri kalan (M1, M4, MD, DD, O1, K1, K2, Ç1, Ç2, Ç3) örnekler üçüncü grubu oluşturmaktadır. Bu örnekler nötrdür ve düşük metal içeriğine sahiptir. Kahyalı Dere ve Çileklik Dere örneklerinin pH derecelerinin 8'den büyük olmasının nedeni üzerinden aktıkları bazalt olabilir. Örnek noktaları arasında nötr ve en düşük metal içeriğine sahip dere Muna Deredir.



Şekil 5.10. Dereler ve maden sızıntı sularının pH derecelerine göre metal yükleri

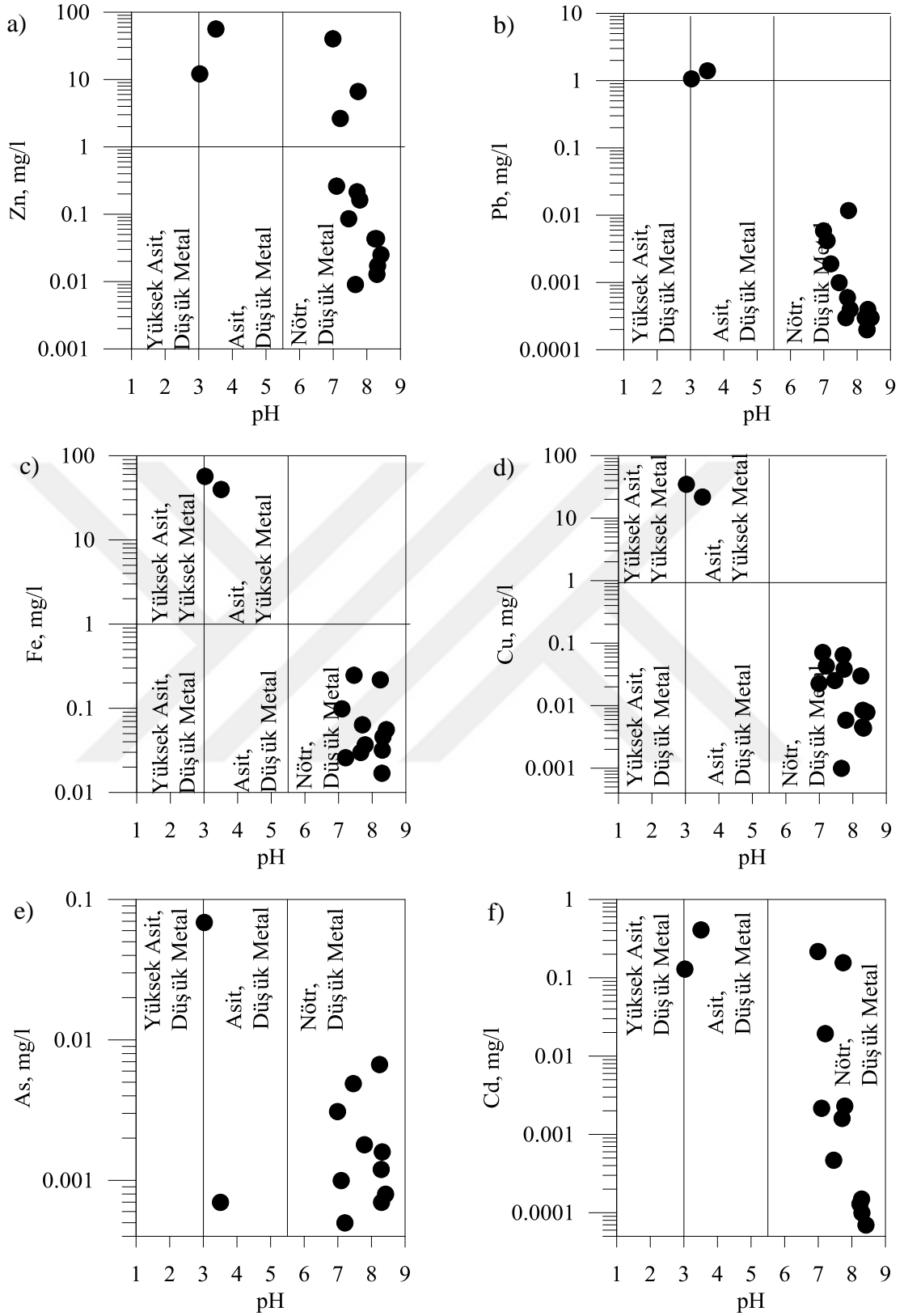
5.3.1.2. Elementlerin Ortamın Asitlik Derecesine Göre Sudaki Dağılımları

Örnek noktalarına göre özellikleri tespit edilen akarsuların ve sızıntı sularının yüksek derecede metal özellik kazanmalarını sağlayan elementlerin tespit edilmesi açısından her bir elementin aynı diyagramla dağılımları incelenmiştir (Şekil 5.11). Her bir diyagram için kullanılan veriler Ek Tablo 16'da verilmiştir.

Asidik olup yüksek metal içeriğine sahip olan sularda Zn, Fe, Cu ve Pb elementlerinin (Şekil 5.11, a, b, c, d) yoğun olması, nötr özellikte olup yüksek metal içeren sularda Zn elementinin (Şekil 5.11 a) yoğun olması beklenmektedir.

Düşük metal içeriğinde gözlenebilecek metaller asidik ortamlarda As, Cd elementleridir (Şekil 5.11 e, f). Sağlıklı bir akarsu profilinde ise elementlerin hepsi belli bir miktar bulunurken nötr pH değerleri istenen bir durumdur. Bu grafikte sağlıklı akarsu özelliğine sahip nötr, düşük metal alanında çalışılan her element gözlemlenmiştir.

Bu çalışma ışığında AS ve M2 örneklerinde Zn, Fe, Cu ve Pb elementlerinin, GAL, M3 ve O2 örneklerinde ise Zn elementinin yüksek konsantrasyonlarda ölçülmesi beklenmektedir.



Şekil 5.11. Elementlerin ortamın asitlik derecesi ve metal yoğunluğuna göre dağılımı. a) Zn elementi b) Pb elementi c) Fe elementi, d) Cu elementi, e) As elementi, f) Cd elementi

5.3.3. Suların Kirlilik Derecesi ve Kullanılabilirliği

Suların içme suyu olarak kullanılabilirliği TS 266 Sınıf 2, Tip 2 (TSE, 2005) standartlarınca belirlenmiştir (Tablo 3.7). Değerlendirme için standartta yer alan değerlere göre çalışma alanından derlenen suların zenginleşme oranları hesaplanmıştır (Tablo 5.12).

Maden sızıntı sularının (AS, M2) içme suyu olarak kullanılmayacağı Tablo 5.12'de görülmektedir. Bu sulara pH değerlerin standart değerlerin dışındadır ($6.5 < \text{pH} < 9.5$). Ağır metallerce de zengindirler (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb). Olası dere (O2), Çilek Dere (Ç2) ve Maden Derelerin (M1, M3) bazı örnek noktalarında yüksek metal içeriği tanımlanmıştır. Maden çevresi genel itibariyle içilebilir standartta, kaliteli suya sahip değildir. Muna Dere ve Değirmen Derelere ait sular TSE standartlarınca içilebilir kaliteli sular sınıfındadır (Tablo 5.12).

Tablo 5.12. Harkköy Maden Yatağına ait suların zenginleşme kapasiteleri

Örnek	Zenginleşme Oranları									
	pH*	İletkenlik	NO ₃	NO ₂	As	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb
		µS/cm	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Ç1	8,32	0,12	0,06	0,03	0,16		0,002	0,23	0,01	0,04
Ç2	8,24	0,12	0,08	0,02	0,67	0,03	0,015	1,10		0,03
Ç3	8,3	0,12	0,11	0,06	0,07	0,02	0,004	0,16		0,02
K1	8,29	0,12		0,02	0,12	0,03	0,002	0,09		0,02
K2	8,42	0,11	0,11		0,08	0,01	0,004	0,28		0,03
M1	7,46	0,11	0,05		0,49	0,09	0,013	1,24		0,10
M2	3,51	0,51	0,08		0,07	82,16	10,97	199,71	1,34	140,97
M3	7,21	0,14	0,08		0,05	3,89	0,022	0,13	0,12	0,19
M4	7,1	0,05	0,11		0,10	0,43	0,036	0,50	0,02	0,42
O1	7,79	0,10	0,11		0,18	0,46	0,003	0,19	0,01	0,04
O2	7,74	0,43	0,04			31,32	0,019		0,44	1,18
MD	7,66	0,03	0,12				0,001	0,15	0,01	0,03
DD	7,71	0,05	0,11	0,03		0,32	0,033	0,32	0,02	0,06
GAL	6,99	0,48	0,03		0,31	43,51	0,011		0,96	0,59
AS	3,03	0,50	0,04	0,51	6,88	25,98	17,48	285,44	0,70	106,9
limit	6.5-9.5	2500	50	0,5	10	5	2000	200	20	10

limit TS 266, *pH aralık olarak verildiği için oranlama yapılmamıştır. Aralığın dışındaki değerler kırmızı ile vurgulanmıştır., kırmızı hücreler TS 266 standardına uygun olmayan değerler

5.3.2. Sudaki Kirliliğin İstatistiksel Açıdan Değerlendirilmesi

Su örneklerine ait fiziksel ve kimyasal özelliklerin pearson korelasyon matrisi (veriler logaritmiktir) aşağıda verilmiştir (Tablo 5.13). As elementi haricindeki diğer elementlerin ve fiziksel özelliklerin arasında anlamlı korelasyonlar olduğu görülmektedir.

Tablo 5.13. Harkköy Madeni'ne ait su örneklerinin pearson korelasyon matrisi

	pH	iletkenlik	NO ₃	NO ₂	As	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb
iletkenlik	-0,6*	1								
NO ₃	0,298	-0,769**	1							
NO ₂	-0,95**	0,863*	-0,719	1						
As	-0,479	0,401	-0,61*	0,763	1					
Cd	-0,667*	0,77**	-0,622*	0,86	0,228	1				
Cu	-0,933**	0,638*	-0,302	0,884*	0,445	0,66*	1			
Fe	-0,949**	0,784**	-0,588*	0,894*	0,562	0,75**	0,94**	1		
Ni	-0,662*	0,922**	-0,721*	0,988	0,318	0,991**	0,697*	0,885**	1	
Pb	-0,938**	0,728**	-0,446	0,94**	0,388	0,835**	0,931**	0,94**	0,828**	1

* P ≤ 0.05 anlamlılık düzeyi, ** P ≤ 0.01 anlamlılık düzeyi

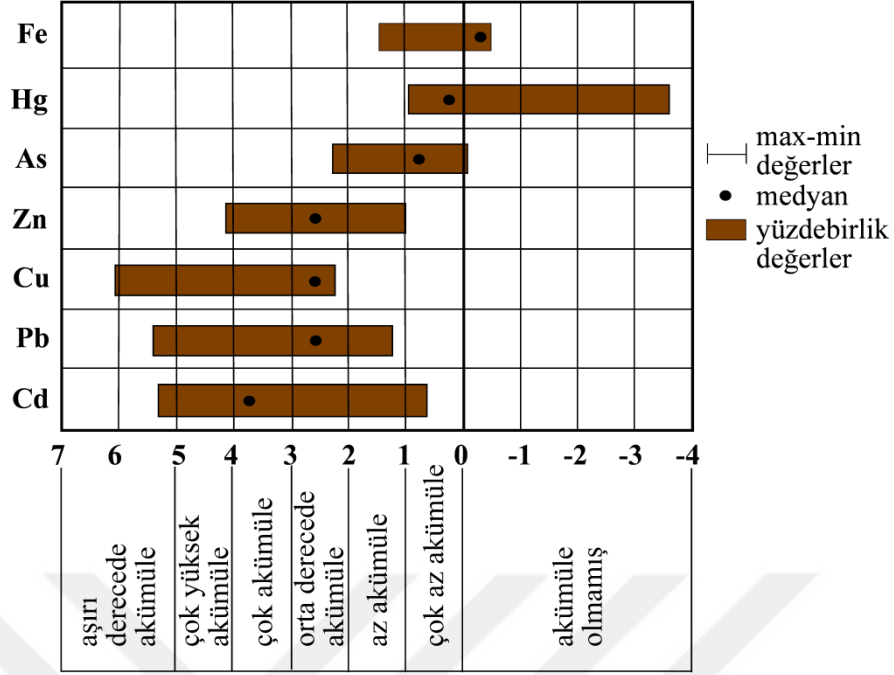
5.4. Dere Sedimanlarının Değerlendirilmesi

5.4.1. Jeokimyasal Çalışmalar

5.4.1.1. Jeobirikim İndeks (I_{geo})

Hesaplamalarda formül (2)'den ve yorumlamalarda Tablo 3.2'den yararlanılmıştır.

Çalışma alanında yer alan derelerde kumlar için hesaplanan medyan jeobirikim indeks değerlerine göre Fe elementi (-0.33) birikim göstermemiştir. Diğer elementlerde ise Hg (0.22) < As (0.74) < Cu (2.34) < Zn (2.55) = Pb (2.55) < Cd (3.69) şeklinde birikim görülmektedir (Ek Tablo 17). Jeobirikim sınıflamasına göre Hg ve As elementi çok az, Cu, Zn, Pb elementi orta ve son olarak da Cd elementi çok birikim göstermişlerdir (Şekil 5.12).

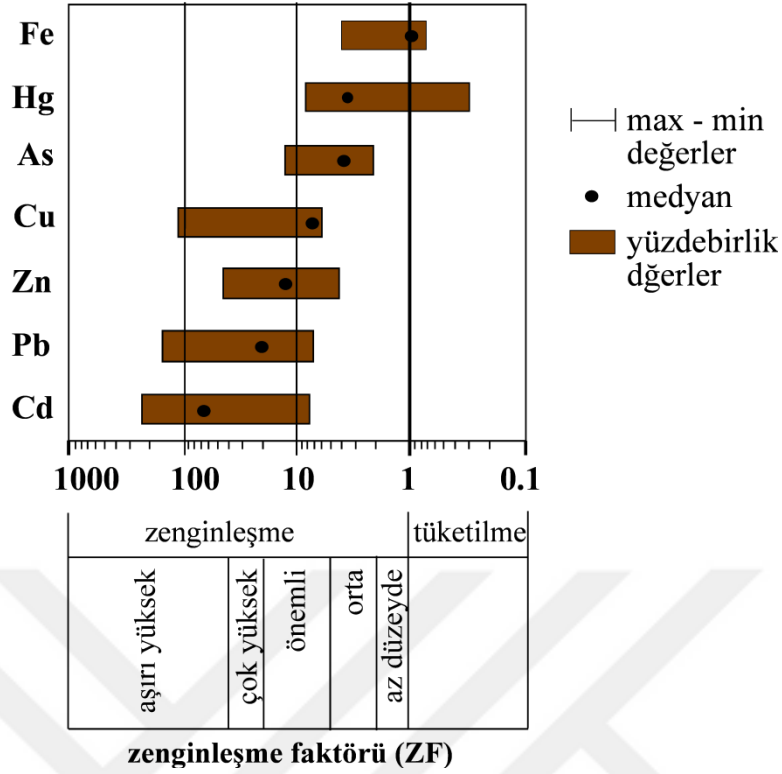


Şekil 5.12. Çalışma alanından derlenen dere sedimanlarında ölçülen elementlerin jeobirikim indeksleri

5.4.2. Zenginleşme Faktörü (ZF)

Referans element olarak Al kullanılmıştır. Al elementinin nehir çamurunda bulunma oranı % 5.6'dır. Çalışılan elementlerin referans değerleri Ek Tablo 18'de B_n sütunu altında verilmiştir. Bu değerler ile her bir elemente ait ölçülen değerler formül (3)'te yerine konarak zenginleşme faktörü (ZF) hesaplanmış, Şekil 5.13 çizilmiş ve sonuçlar Ek Tablo 18'de gösterilmiştir.

Elementlerin medyan faktörlerine göre Fe elementi tüketilme sınıf aralığında yer almaktadır. Hg ve As elementleri orta düzeyde, Cu, Zn, Pb elementleri önemli derecede zenginleşirken Cd aşırı yüksek zenginleşme göstermiştir.



Şekil 5.13. Çalışma alanından derlenen dere sediman örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri (ZF)

5.4.3. Kirlilik Faktörü (C_f), Kirlilik Derecesi (C_{deg})

Formül (4)'ten yararlanılarak yapılan hesaplamalara göre elde edilen kirlilik faktörü (C_f) değerleri Ek Tablo 19'da sunulmuştur. Her bir elementin örnek bazında hesaplanan kirlilik faktör değerlerinin özet sunumu ise Tablo 5.14'de gösterilmektedir.

Tablo 5.14. Harkköy Madeninden derlenen dere kumu örneklerinin minimum (min), maksimum (max) ve ortalama (ort) kirlilik faktörleri (C_f) ve sınıflamaları

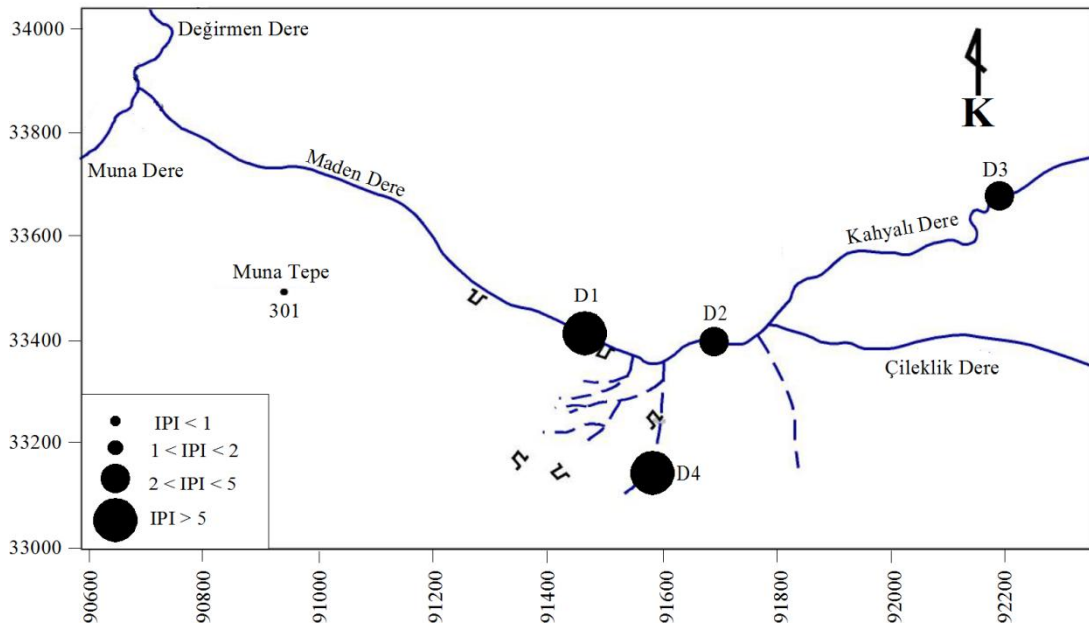
Elementler	Kirlilik Faktörü C_f			Sınıflama C_f
	min - max	ort	med	
Fe	1,07 - 4,11	1,90	1,20	Orta dereceli kirlilik
Cu	7,01 - 96,83	29,74	7,57	Çok yüksek dereceli
Pb	3,50 - 61,97	21,74	10,75	Çok yüksek dereceli
Zn	2,96 - 25,59	12,20	10,13	Çok yüksek dereceli
As	1,42 - 7,14	3,56	2,83	Orta dereceli kirlilik
Cd	2,31 - 57,69	26,06	22,12	Çok yüksek dereceli
Hg	0,12 - 2,77	1,53	1,69	Orta dereceli kirlilik

Kirlilik faktörü (C_f) sonuçları medyan değerler baz alınarak Tablo 3.4'e göre yorumlanmıştır. Buna göre Fe, As ve Hg elementleri çalışma alanı için orta derecede kirlilik oluştururken Cu, Pb, Zn ve Cd elementleri çok yüksek dereceli kirlilik oluşturmaktadır (Tablo 5.14).

Tüm elementlerin oluşturduğu kirlilik derecesi (C_{deg}) 96.72 olarak hesaplanmıştır (5). Bu değer Tablo 3.5'e göre yorumlandığında çalışılan elementlerin saha için çok yüksek kirlilik arz ettiği görülmektedir.

5.4.4. Bütünleşik Kirlilik İndeksi (IPI)

Örnek noktalarının kirlilik sınıflandırmaları bütünleşik kirlilik indeksine (IPI) göre yapılmıştır ((6), Tablo 3.6). Sonuçlar Ek Tablo 5.19 ve Şekil 5.14'te gösterilmektedir. Maden ve cürufaların etkisi alanında yer almayan D4 nolu örnek cevherli birimlerin çalışma alanından daha geniş yayılıma sahip olmaları nedeniyle düşük kirlilik göstermektedir. Cüruf yığınının etkisiyle D2 örneğinin bütünleşik kirlilik indeks değerinde artış gözlenmiştir. Bu örnek noktası da düşük kirlilik göstermektedir. Maden alanını çevreleyen D4 örneği orta derecede kirlilik sınıfında yer almaktadır. Drenaj sularının hemen akabinde yer alan D1 örneği ise çok yüksek kirlilik sınıfındadır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Çalışma sahasına ait numune bazında kirlilik oranları (IPI, bütünleşik kirlilik indeksi)

6. SONUÇLAR

1. Harkköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn Madeni (Harkköy Köyü) terk edilmiş ve ıslah çalışmaları yapılmamış bir masif sülfid madenidir. Maden ve çevresinde yaklaşık 70 m × 40 m ve yaklaşık 120 m × 50 m yüzey alanına sahip cürufur yer almaktadır. Çalışma sahasında görülen cevher yapıları benekli, ağsal, saçınımlı ve breş dolgusu yapılarıdır. Makro örneklerde sadece pirit, kuvars, kalsit, barit, kil gözlenmektedir.

2. Toprakta Cu, Cd, Pb ve Fe elementleri sınır değerlerin üzerindedir. En yüksek konsantrasyonlar cürufur yığını ile maden arasındadır. As-Pb, Hg-As, Hg-Pb elementler ilişkileri $P \leq 0.01$ 'e göre Cu-Zn, Cd-Zn elementler ilişkileri ise $P \leq 0.05$ 'e göre anlamlı ve pozitifdir. Toprakta Pb, Cd orta, As, Hg, Cu, Zn ve Fe elementleri çok az akümüle olmuşlardır. S ise akümüle olmamıştır. Pb önemli, Cd, Cu orta, As, Hg, Zn, Fe az oranda zenginleşirken S elementi ise tüketilmiştir. Pb, Cd, Cu çok yüksek dereceli kirlilik oluşturmuşlardır. As önemli derecede kirlilik oluştururken Hg, Zn, Fe elementleri orta derecede kirlilik oluşturmuşlardır. S ise düşük kirlilik kaynağıdır. Toprağın numune bazındaki kirlilik değerlendirmesinde örneklerin çok yüksek ve önemli derecede madenin etkisi altında kaldıkları sonucuna ulaşılmıştır. Çevredeki cevherli litolojilerin kıvrımlı-faylı özelliklere sahip olmaları neticesinde kirlilik dağılımı belli bir trendi takip etmemektedir.

3. Fe, Cu, Zn elementleri fındık bitkisinin büyümesi için gerekli elementlerdir. Elementlerin eşik değerleri sırasıyla 28 ppm, 21 ppm ve 22 ppm'dir. Cd, Pb ve Hg elementleri fındık gelişimi ve fizyolojisi için gerekli değildir. Çalışma sahasına ait fındık örnekleri Türkiye genelindeki fındık örneklerine nazaran daha yoğun oranlarda Cd, Cu, Fe, Pb, Zn içermektedirler. Fındığın dala oranla sahip olduğu element oranı büyükten küçüğe doğru $S > Cu > Hg > Zn > Fe > Pb > Cd$ şeklinde sıralanmaktadır. Fındığın metal birikimini etkileme kapasitesi $Cd < Hg < Pb < Zn < Fe < Cu$ şeklinde sıralanmıştır. Fındığın element biriktirebilme kapasitesi büyükten küçüğe $Fe > Zn > Cu > Cd > Pb > Hg$ şeklindedir. Dalların toprağa göre en yüksek zenginleşme katsayıları sırasıyla $S > Cd > Zn > Pb > Cu > Hg > As > Fe$ olarak bulunmuştur. Dallardaki S konsantrasyonu topraktan fazladır. Fındıkların dallara kıyasla element zenginleşmeleri $Cu > S > Hg > As > Zn > Pb > Fe > Cd$ şeklinde sıralanmaktadır. Cu ve S elementleri fındıkta zenginleşmiştir. Fındıklar toprağa kıyasla $S > Zn > Cu > Cd > Hg > Pb > As > Fe$ şeklinde sıralanmışlardır. Fındıklardaki S konsantrasyonu topraktan fazladır. Fındık örneklerinde sadece Zn ile Cd elementleri

arasında anlamlı bir ilişki vardır. Dal örneklerinde ise sadece Fe ile Zn elementleri arasında anlamlı bir ilişki vardır. Fındıktaki element konsantrasyonunda toprak direk etkili değildir. Fındığın fizyolojisi tanınmalı ve arada (toprak pH'sı, atmosferik alım gibi) farklı ilişkiler de aranmalıdır. Fındık yapraklarında belirgin lekelenmeler görülmemiş olması fındığın maden tarafından kirletilmediğinin bir göstergesidir. Harkköy Madeni fındığı tüketen insanlar için herhangi bir tehdit oluşturmamaktadır.

4. Suların pH değerleri maden sızıntı sularında asidik, diğer derelerde baziktir. Pozitif redoks potansiyeli (Eh) değerleri ortamın oksitleyici olduğunu göstermektedir. Tuzluluk, iletkenlik, sertlik ve Toplam Çözünmüş Katı (TÇK) değerleri maden ve temas ettiği derelerde yüksek ölçülmüştür. Maden sızıntı suları asidik, yüksek metal içerikli sulardır. Diğer sular nötr olmalarına rağmen yüksek metal ya da düşük metal içeriklidirler. Asidik, yüksek metal içeriğine sahip olan sularda Zn, Fe, Cu ve Pb elementleri, nötr, yüksek metal içeren sularda Zn elementi yoğundur. As ve Cd elementleri düşük metal içeriğine sahip asidik sularda gözlenmiştir. Madenin yakın çevresine ait sular içme suyu olarak kullanılamazlar. Muna Dere ve Değirmen Dere'ye ait sular içme suyu kıvamında temiz sulardır.

5. Dere kumlarında sadece Mn elementi sınır değerlerin üzerinde ölçülmüştür. Ağır metaller sınır değerlerinin üzerindedir. Dere sedimanları en çok % 26.4 kuvars, % 22.1 montmorillonit, % 13.3 anortit, % 11.7 Fe klorit, % 10.3 illit, % 5.8 kaolinit, % 5.1 saponit, % 2.1 albit ve % 2.7 oranında da diğer minerallerden oluşmaktadır. Dere sedimanlarında Cd çok, Pb, Zn, Cu orta, As, Hg çok az akümüle olmuştur. Fe elementi ise akümüle olmamıştır. Dere sedimanlarında Hg ve As elementleri orta düzeyde, Cu, Zn, Pb elementleri önemli derecede zenginleşirken Cd aşırı yüksek zenginleşme göstermiştir. Fe elementi tüketilme sınıf aralığında yer almaktadır. Fe, As ve Hg elementleri sedimanlar için orta derecede kirlilik oluştururken Cu, Pb, Zn ve Cd elementleri çok yüksek dereceli kirlilik oluşturmaktadır. Bu elementler sedimanlar için çok yüksek derecede kirlilik arz etmektedirler. Maden yakın çevresinden derlenen sedimanlarda çok yüksek ve orta derecede kirlilik görülürken maden öncesinde düşük sediman kirliliği görülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- AB Direktifi, 1986. Official Journal of the European Communities, 86/278/EEC, L181/6, 86.
- Adamia, S.A., Chlehotva, M.B., Kekelia, M., Lordkipanidze, M., Shavishili, I. ve Zachariazadze, G.S., 1981. Tectonic of the Caucaus and Adjoining Regions, Journal of Structural Geology, 3, 4, 437-44.
- Adamia, S., Lordkipanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evolution of an Active Continental Magrin as Examlified by the Alphine History of The Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Ağcasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan Capoeita Tinca'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akaryalı, E., 2004. Trabzon-Araklı Arasında Karayolu Boyunca, Fındık Sahalarındaki Trafik ve Jeolojik Faktörlerden Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akgün, B., 2015. Haliç Sedimentinin Kirliliği ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alasalvar, C., Shahidi F., Liyanapathirana, C.M. ve Ohshima, T., 2003. Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics, Journal of Agricultural Food Chemistry, 51, 3790-3796.
- Altun, Y., 1984. Giresun-Görele ve Tirebolu (Doğu Karadeniz) Yöresindeki Renkli Metal Yataklarının Karşılaştırmalı Cevher Mineralojileri ve Kökenleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aras, S. ve Bircan, R., 1995. Genel Su Ürünleri ve Balık Üretimi Notları, Teksir Kolu Yayınları, Erzurum.
- Aslam, B., Javed, I., Khan, H.F. ve Rahman, Z., 2011. Uptake of Heavy Metal Residues from Sewage Sludge in the Goat and Cattle During Summer Season. Pakistan Veterinary Journal, 31, 1, 75-77.
- Aslaner, M., Gedikoğlu, A. ve Tülümen, E., 1982. Harşit Polimetallik Mineralizasyonlarının Ayrıntılı Araştırılması, TÜBİTAK Matematik-Fiziki ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu Proje No: TBAG 390. TÜBİTAK, Ankara.
- Aydın, M., 2011. Bitki Besleme Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Sarayönü Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Organik Tarım Programı.

- Bakar, C. ve Baba, A., 2009. Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, 1. Tıbbi Jeoloji Çalışmayı, Ekim, Nevşehir, 162-185.
- Baytekin, A. ve Açıkalın, N., 1980. Giresun-Tirebolu Harkköy (Cu-Pb-Zn) Maden Yatağı Rezerv Raporu, M.T.A. Enstitüsü Fizibilite Etüdüleri Dairesi Rezerv Hesapları Servisi Rapor No, 6792, Ankara.
- Bektaş, O., 1984. Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma ve Jeotektonik Önemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, 3,1-2, 53-62.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K. ve Özgür, S., 1995. Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform, NE Turkey, the Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, Giornale di Geologia, 57, 1-2, 233-244.
- Brumsack, H.J., 2006. The Trace Metal Content of Organic Carbon-Rich Sediments: Implications For Cretaceous Black Shale Formation, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 232, 344-361.
- Buat-Menard, P. ve Chesselet, R., 1979. Variable Influence of the Atmospheric Flux on the Trace Metal Chemistry of Oceanic Suspended Matter, Earth and Planetary Science Letters, 42, 3, 399-411.
- Bulut, F., 1989. Çambaşı (Trabzon-Çaykara) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çevik, U., Çelik, N., Çelik, A., Damla, N. ve Coskunçelebi, K., 2009. Radioactivity and Heavy Metal Levels in Hazelnut Growing in the Eastern Black Sea Region of Turkey, Food Chemistry and Toxicology, 47, 2351-2355.
- Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A.Z., 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, Akademik Gıda, 8, 2, 31-35
- Çelebi, H., 2014. Jeokimya İlkeleri Ders Notları, İstanbul, 85-86.
- Çelik Karakaya, M., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Bazı Maden Yatakları ile Yüzey ve Yeraltısuyu Kimyası Arasındaki İlişkinin Araştırılması, TÜBİTAK, Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu, Proje No: YDABAG-103Y016.
- Ç.M.O., 2018. Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu, TMMOB, Çevre Mühendisleri Odası, 32 s.
- Çobanoğlu, Z., 1995. Genel Çevre Sağlığı Bilgisi, Hatiboğlu Yayınları, Ankara, 198 s.
- Demirci, M., 2007. Beslenme, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.

- Devrim, E., 2016. Eser Elementler Ders Notları, Ankara Üniversitesi Açık Erişim Sistemi.
- Dündar, Y. ve Aslan, R., 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri, Kocatepe Tıp Dergisi, 6, 1-5.
- Ficklin, W.H., Plumlee, G.S., Smith, K.S. ve McHugh, J.B., 1992. Geochemical Classification of Mine Drainages and Natural Drainages in Mineralized Areas, Water-rock interaction: Seventh International Symposium on Water-Rock Interaction, July, Park City, Utah, 381-384.
- Garrels, R.M. ve Christ, C.L., 1965. Solutions, Minerals and Equilibria, Harper & Row, New York, 450 s.
- Gealey, W.K., 1988. Plate Tectonic Evolution of the Mediterranean–Middle East Region, Tectonophysics, 155, 285– 306.
- Gedikoğlu, A., 1978. Harşit Granit Karmaşığı ve Çevre Kayaçları, Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, TC Sağlık Bakanlığı, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No: 43, Ankara.
- Gündoğdu, M.N., 1982. Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Baseninin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Beytepe-Ankara.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/250000 ölçekli jeolojik ve metalojenik haritası. MTA, Ankara.
- Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control. A Sedimentological Approach, Water Research, 14, 8, 975-1001.
- He, Z., Shentu, J., Yang, X., Balıgar, V.C., Zhang, T. ve Stoffella, P.J., 2015. Heavy Metal Contamination of Soils: Sources, Indicators, and Assessment, Journal of Environmental Indicators, 9, 17-18
- Hermann, W. ve Berry, R.F., 2002. MINSQ-A Least Squares Spreadsheet Method for Calculating Mineral Proportions from Whole Rock Major Element Analyses, Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 2, 4, 361-368.
- Hüseyinova, R., Kutbay, H.G., Bilgin, A., Kılıç, D. ve Horuz, A., 2009. Sulphur and Some Heavy Metal Contents in Foliage of *Corylus avellana* and Some Roadside Native Plants in Ordu Province, Turkey. Ekoloji, 18, 70.
- İçli, H., Özbek, E., Demirtaş, G., Sarıaslan, M., Genç, M.A., Karabacak, B., Özkara, A., Sezer Özçelik, G.A., Dağlıyar, A., Avcı, M.K. ve Eroğlu, C.İ., 2009. Doğu Karadeniz Bölgesinde İşletilen ve Terk Edilen Maden Yataklarının Çevresel Etkilerinin Mevcut Arazi Yapılarıyla Birlikte Değerlendirilmesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11149, Ankara.

- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction File, Alphabetical Indexes Inorganic Phases, Swarthmore, U.S.A.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2007. Metallerin Çevresel Etkileri-1, Metalurji Dergisi, 136, 47-53.
- Karakaya, N. ve Çelik Karakaya, M., 2014. Toxic Element Contamination in Waters from the Massive Sulfide Deposits and Wastes Around Giresun, Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 23, 113-128.
- Karpuzcu, M., 1994. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı, İstanbul.
- Kieft, C., 1955. Harşit Nehri Vadisi Havzası Metalik Maden Yatakları Hakkında Bazı Mülâhazalar (Giresun ve Gümüşhane Vilayetleri-TÜRKİYE), MTA Derleme No: 808/48.
- Kovenko, V., 1936. Bakırlı Pirit Madenleri, MTA Etüt Raporu, Ankara, 32 s.
- Köprübaşı, N., 1992. Aşağı Harşit Bölgesinin Magmatik Petrojenezi ve Masif Sülfidlerde Jeokimyasal Hedef Saptama Uygulamaları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Krauss, M., Wilcke, W., Kobza, J. ve Zech, W., 2002. Predicting Heavy Metal Transfer from Soil to Plant: Potential Use of Freundlich-Type Functions, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 165, 3-8
- Kuboi, T., Noguchi, A. ve Yakazi, J., 1986. Family-Dependent Cadmium Accumulation Characteristics in Higher Plants. Plant Soil, 92, 405-415.
- Kuleli, S., 1989. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su Kalitesi Gözlem ve Denetimi Semineri Bildirileri, İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi, Ankara.
- Kutlu, R., 1959. İsrail Maden ve Harkköy Civarının Jeoloji Haritası 1/5.000, MTA Arşiv No: 12976, Kesit 12978.
- Kutluay Merdol, T., 2019. Genel Beslenme, Beslenmede Temel İlkeler ve Besin Öğeleri, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1726, 11.
- Leitch, C.H.B., 1975. Türkiye'deki İki Volkanik Kökenli Sülfid Yatağına Ait Eser Metallerin Yanal Dağılımı, Master Tezi, University of London, Imperial Collage of Science and Technology.
- Li, Y.H., 2000. A Compendium of Geochemistry: From Solar Nebula to the Human Brain, Princeton University Press, 475 p.
- Lindsay, W.L., 1979. Chemical Equilibra in Soils, John Wiley and Sons, New York, 449 p.

- Loska, K., Wiechula, D. ve Korus, I., 2004. Metal Contamination of Farming Soils Affected by Industry, Environment International, 30, 2, 159–165.
- Maucher, A., 1958. 25.08.1957-05.10.1957 Tarihleri Arasında Giresun Vilayeti'nin Tirebolu Bölgesinde Yapılan Maden Jeolojisi Çalışmaları Hakkında Rapor. Fiş No: 545.
- Müller, G., 1969. Index of Geo-Accumulation in Sediments of the Rhine River, GeoJournal, 2, 108, 108–118.
- Nriogo, J.O., 1979. Global Inventory of Natural and Anthropogenic Emissions of Trace Metals to the Atmosphere, Nature, 279, 409-411.
- Özbaş, E.E., Eser Okten, H., Kurtuluş Özcan, H. ve Demir, G., 2013. Selected Essential and Non-Essential Elements Content of Turkish Hazelnuts, Environment and Pollution, 2, 1, 81-87.
- Özbolat, G. ve Tuli, A., 2016. Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri, Archives Medical Review Journal, 25, 4, 502-521.
- Özkutlu, F. ve Doğru, Y.Z., 2011. The Importance of Turkish Hazelnut Trace and Heavy Metal Contents for Human Nutrition, Journal of Soil Science and Environmental Management, 2, 1, 25-33.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidlerde Kretase, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi, 1, 2, 65-114.
- Resmi Gazete, 2005. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi 25831, (yürürlükten kaldırılmıştır).
- Resmi Gazete, 2010. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi 27605.
- Sağlam, E.S., 2007. Murgul (Artvin) Bakır Madeni'nin Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Samsunlu, A., 2014. 70'li Yıllarda Yaşanan Çevre Felaketlerinden Hatırladıklarım, Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi, 76, 30-31.
- Sawa, T. ve Altun, Y., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Tabakalı ve Stokwork Tip Cu-Pb-Zn Yatakları, MTA Raporu No: 1510, Ankara.
- Shultze-Westrum, H.H., 1961. Giresun Civarındaki Aksu Deresinin Jeolojik Profili ile Kuzeydoğu Anadolu'da Doğu Pontid Cevher ve Mineral Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Yatakları ile ilgili Mütalalar, M.T.A. Dergisi, 57, 63-71.
- Smith, K.S., Plumlee, G.S. ve Ficklin, W.H., 1994. Geologic Controls on Mine-Drainage Composition: A Predictive Approach, Predicting Water Contamination from Metal Mines and Mining Wastes, International Land Reclamation and Mine Drainage

Conference and the Third International Conference on the Abatement of Acidic Drainage, April, Pittsburgh, USA.

Şarman, E., 1975. İsrail ve Eseli Güneyindeki G41-B₁, B₂, B₃, B₄ G42-A₁, A₄ Paftalarına Ait Sahanın 1/10.000 Ölçekli Jeolojik Etüt Raporu.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, Tectonophysics, 75, 181-241.

Tarakçıoğlu, C., Yalçın, S.R., Bayrak, A., Küçük, M. ve Karabacak, H., 2003. Ordu Yöresinde Yetiştirilen Fındık Bitkisinin (*Corylus Avellana* L.) Beslenme Durumunun Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 9, 1, 13-22.

Taşlı, K., 1984. İkisü (Gümüşhane) ile Hamsiköy (Trabzon) Yörelerinin Jeolojisi ve Berdiga Formasyonunun Biyostratigrafik Deneştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Taşatar, B., 1995. Topraklarımız ve Toprak Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Yayınları, 3.

Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Eosen Yaşlı Kalkalkalen Andezitler ve Jeotektonizma, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 49-54 s.

T.S.E., 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk İçme Suyu Standartları, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

UNESCO, 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions For Water. Paris: UNESCO.

URL-1, http://kalitelifindik.org/index.php?sayfa=findigin_anatomisi.17&d=tr. Trabzon Ticaret Borsası, Fındıkta Verim ve Kaliteyi Arttırma Projesi, Fındığın Anatomisi. 20 Nisan 2019.

URL-2, <http://www.giresuntb.org.tr/findik.php?findik=besin>. Giresun Ticaret Borsası, Türk Fındığını Tanıyalım, Türk Fındığının Besin Değerleri. 20 Nisan 2019.

URL-3, <https://casinetto.com/products/hazelnut-with-shell-from-italy>. 16 Mayıs 2019.

Vural, H., 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, Çevre Dergisi, 8, 3-8.

Wei, B. ve Yang, L., 2010. A Review of Heavy Metal Contaminations in Urban Soils, Urban Road Dusts and Agricultural Soils from China, Microchemical Journal, 94, 99-107.

W.H.O., 1982. World Health Organisation, Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Twenty-Six Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva.

- W.H.O., 1996. World Health Organisation, Trace Elements in Human Nutrition and Health, Geneva.
- W.H.O., 2000. World Health Organisation, Evaluation of Certain Food Contaminants. Fifty Third of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva.
- W.H.O., 2006. World Health Organisation, Evaluation of Certain Food Contaminants. Sixty fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva.
- Yaylalı Abanuz, G., 2007. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Çay Tarımı Yapılan Toprakların ve Çay Bitkilerinin Ağır Metal Kapsamlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, N., 2004. Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller, Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Çalışma alanından derlenen toprak örneklerinin element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri ile dedeksiyon limitleri

Örnek No	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	S ppm	As ppm	Cd ppm	Fe ppm	Hg ppm	Al %
T1	1725	190	297	d	29	1,5	90782	0,09	11,11
T2	147	130	120	300	26	0,4	84417	0,10	11,24
T5	66	36	154	d	9	0,5	42174	0,04	8,66
T6	56	37	68	d	6	0,3	61617	0,04	9,50
T7	164	197	69	500	41	0,3	57421	0,20	8,28
T8	56	17	47	d	3	d	66723	0,03	9,90
T9	96	113	94	d	11	0,9	81130	0,08	9,68
T10	40	64	79	d	14	0,4	59029	0,05	9,48
Minimum	40	17	47	-	3	-	42174	0,03	-
Maksimum	1725	197	297	-	41	1,5	90782	0,20	-
Aritmetik Ort	294	98	116	-	17	0,6	67912	0,08	-
Medyan	81	88	87	-	13	0,4	64170	0,07	-
St Sapma	580	70	80	-	13	0,4	16312	0,06	-
Sınır Değerler	30	10	50	700	5	0,06	38000	0,03	7.1%
Dedeksiyon	0.1	0.1	1	200	0.5	0.1	0.04*	0.01	0.01**

d dedeksiyon limitinin altında,- hesaplanmamış, sınır değerler Lindsay 1979, * (%) Fe₂O₃, ** Al₂O₃

Ek Tablo 2. Harkköy Madeni'nden derlenen fındıkların element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri, dedeksiyon limitleri ve referans değerleri

Örnek Noktaları	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Fe ppm	Hg ppm	Pb ppm	Zn ppm	S %
F1	d	d	21.06	40	0.001	0.05	22.9	0.17
F2	d	0.01	18.74	40	d	0.05	22.8	0.17
F5	d	0.02	22.13	40	0.002	0.03	24.7	0.15
F6	0.1	0.02	21.42	40	0.002	0.06	23	0.19
F7	d	0.02	29.42	30	0.005	0.05	23.8	0.19
F8	d	0.01	21.76	30	d	0.02	20.3	0.16
F9	d	0.06	26.32	30	d	0.02	36.6	0.18
F10	d	0.01	16.43	30	0.002	2.5	20.6	0.15
Minimum	-	d	16.43	30	d	0.02	20.3	0.15
Maksimum	-	0.06	29.42	40	0.005	2.50	36.6	0.19
Aritmetik Ort	-	0.02	22.16	35	0.002	0.35	24.3	0.17
Medyan	-	0.02	21.59	35	0.002	0.05	22.95	0.17,
Standart Sapma	-	0.02	4.08	5.35	0.0015	0.87	5.17	0.02
Referans Değer	0,06b	0.1a	16a	49a	-	0.3a	19a	0.11c
Dedeksiyon L.	0.1	0.01	0.01	0.001e	1f	0.01	0.1	0.01e

- hesaplanmamış, a Alasalvar vd. (2003), b Özkutlu vd. (2011), c Huseyinova vd. (2009) d dedeksiyon limitinin altında, e % konsantrasyon değeri, f ppb konsantrasyon değeri

Ek Tablo 3. Harkköy Madeni'ne ait fındık dallarının element konsantrasyonları, istatistiksel değerleri ile dedeksiyon limitleri

Örnek Noktaları	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Fe ppm	Hg ppm	Pb ppm	Zn ppm	S %
D1	0.2	0.23	13.87	100	d	6.66	50.5	0.09
D2	d	0.38	9.23	120	0.004	14.35	35.5	0.08
D5	d	0.35	9.98	130	0.006	4.50	61.2	0.09
D6	0.1	0.45	9.95	180	0.003	4.81	40.9	0.08
D7	d	0.30	12.97	90	0.005	15.33	82.0	0.07
D8	d	0.28	12.85	110	0.004	4.95	60.8	0.07
D9	0.1	0.56	10.08	80	0.001	5.77	122.4	0.09
D10	d	0.23	9.98	130	0.003	5.31	39.7	0.09
Minimum		0.23	9.23	80	0.001	4.5	35.5	0.07
Maksimum		0.56	13.87	180	0.006	15.33	122.4	0.09
Aritmetik Ort		0.348	11.11	117.5	0.0037	7.71	61.63	0.0825
Medyan		0.325	10.03	115	0.004	5.54	55.65	0.085
Standart Sapma		0.114	1.797	31.053	0.0016	4.458	28.85	0.0089
Dedeksiyon L.	0.1	0.01	0.01	0.001*	1**	0.01	0.1	0.01*

d dedeksiyon limitinin altında, * % konsantrasyon değeri, ** ppb konsantrasyon değeri, - hesaplanmamış

Ek Tablo 4. Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı fiziksel özellikleri ve istatistiksel değerleri

	pH	T °C	iletkenlik µS/cm	Eh mV	tuzluluk	sertlik mg/L	TÇK mg/L
AS	3,03	20,2	1240	600	0,4	70	620
GAL	6,99	17,2	1194	340	0,4	asü	597
Ç1	8,32	18,4	296	312	0	48	148
Ç2	8,24	18,8	295	300	0	47	147
Ç3	8,3	19,3	298	325	öl	54	149
K1	8,29	21,5	310	310	0	47	155
K2	8,42	18,9	265	305	0	36	132
O1	7,79	20,8	245	280	0	54	122
O2	7,74	25,6	1069	326	0,3	asü	534
M1	7,46	18,9	287	228	0	49	143
M2	3,51	27,1	1285	433	0,4	138	642
M3	7,21	20,2	358	354	0	57	179
M4	7,1	9	135	445	0	öl	67
MD	7,66	9,1	74	380	0	29	37
DD	7,71	9	123	370	0	öl	61
Sınır değer	6,5<pH<9,5	-	2500	-	-	-	-
Minimum	3,03	9	74	228	0	29	37
Maksimum	8,42	27,1	1285	600	0,4	asü	642
Ortalama	7,18	18,27	498,27	353,87	-	57,18	249
Medyan	7,71	18,90	296,00	326,00	-	49,00	148
St Sapma	1,66	5,45	445,00	87,90	-	28,84	222

T sıcaklık, Minimum ölçülen en küçük konsantrasyon değeri, Maksimum ölçülen en büyük konsantrasyon değeri, Ortalama aritmetik ortalama, Medyan medyan değeri, St Sapma standart sapma, asü algılama sınırı üstünde, - hesaplanmamış değeri, öl ölçülmemiş değeri

Ek Tablo 5. Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı anyon konsantrasyonları ile istatistiksel değerleri

	O₂ mg/L	SO₄ mg/L	S mg/L	NO₃ mg/L	NO₂ mg/L
AS	6,63	505	asa	2,1	0,255
GAL	7,34	715	asa	1,4	asa
Ç1	8,08	asa	asa	3,1	0,016
Ç2	6,61	6	asa	3,9	0,011
Ç3	7,5	8	asa	5,4	0,028
K1	7,42	asa	asa	asü	0,011
K2	7,67	7	asa	5,4	asa
O1	5,68	14	0,031	5,3	asa
O2	6,19	asü	asa	2,2	asa
M1	7,53	9	asa	2,7	asa
M2	2,8	825	0,054	4,2	asa
M3	6,91	66	asa	4	asa
M4	7,21	asa	asa	5,5	asa
MD	1,55	10,0	asa	6,2	asa
DD	4,87	48,0	asa	5,7	0,013
Sınır Değer	-	250	-	50	0,5
Minimum	1,55	asa	asa	1,4	asa
Maksimum	8,08	asü	0,054	asü	0,255
Ortalama	6,266	201,182	0,0425	4,07857	0,05567
Medyan	6,91	14	0,0425	4,1	0,0145
St Sapma	1,87037	317,623	0,01626	1,56066	0,09786

Minimum ölçülen en küçük konsantrasyon değeri, Maksimum ölçülen en büyük konsantrasyon değeri, Ortalama aritmetik ortalama, Medyan medyan değeri, St Sapma standart sapma, asa algılama sınırı altında, asü algılama sınırı üstünde, öl ölçülmemiş değeri

Ek Tablo 6. Maden ve çevresinden alınan su örneklerinin bazı katyon konsantrasyonları, dedeksiyon limitleri ve istatistiksel değerleri

	As ppb	Cd ppb	Cu ppb	Fe ppb	Pb ppb	Zn ppb	S ppm
AS	68	129,9	34976	57087	1069	12214	133
GAL	3,1	217,5	22,7	asa	5,9	40501	197
Ç1	1,6	asa	4,4	46	0,4	17,3	2
Ç2	6,7	0,13	30,1	219	0,3	43,5	3
Ç3	0,7	0,1	8,5	32	0,2	12,9	2
K1	1,2	0,15	4,6	17	0,2	43,6	2
K2	0,8	0,07	7,9	56	0,3	25,2	2
O1	1,8	2,31	5,9	37	0,4	164,1	7
O2	asa	156,5	38,7	asa	11,8	6689	179
M1	4,9	0,47	25,4	248	1	86,3	2
M2	0,7	411	21952	39941	1410	56701	225
M3	0,5	19,45	43,4	26	1,9	2658	18
M4	1	2,17	71,50	99	4,2	262,8	asa
MD	asa	asa	1,00	30	0,3	9,1	1
DD	asa	1,61	65,00	64	0,6	216,5	3
Minimum	asa	asa	1	asa	0,2	9,1	asa
Maksimum	68	410,82	34976,0	57087	1409,7	56701,3	225
Ortalama	7,6	78,30	4399,3	8892	192,7	9186,1	64
Medyan	1,4	2,24	25,4	56	1,0	164,1	5
St Sapma	19,1	129,43	11006,1	19962	469,7	18164,7	90
Dedeksiyon L	0,5	0,05	0,1	10	0,1	0,5	1
Sınır Değer	10	5	2000	200	10	-	

Minimum ölçülen en küçük konsantrasyon değeri, Maksimum ölçülen en büyük konsantrasyon değeri, Ortalama aritmetik ortalama, Medyan medyan değer, St Sapma standart sapma,asa algılama sınırı altında

Ek Tablo 7. Dere kumlarının ana oksit analiz sonuçları ve istatistiksel parametreleri

	D1 %	D2 %	D3 %	D4 %	Min	Max	Ort	Medyan	St Sapma	DL.
SiO₂	44,71	58,1	57,61	55,93	44,71	58,1	54,09	56,77	6,3204	0,01
Al₂O₃	12,82	15,45	15,27	17,76	12,82	17,76	15,33	15,36	2,0185	0,01
Fe₂O₃	19,99	5,38	6,28	5,21	5,21	19,99	9,22	5,83	7,2	0,04
MgO	1,24	1,64	1,49	1,51	1,24	1,64	1,47	1,5	0,17	0,01
CaO	1,8	2,97	4,09	1,15	1,15	4,09	2,5	2,39	1,299	0,01
Na₂O	0,71	1,02	1,32	0,13	0,13	1,32	0,8	0,87	0,508	0,01
K₂O	0,9	1,12	0,99	0,64	0,64	1,12	0,91	0,95	0,203	0,01
TiO₂	0,48	0,55	0,63	0,58	0,48	0,63	0,56	0,57	0,063	0,01
P₂O₅	0,1	0,1	0,1	0,07	0,07	0,1	0,09	0,1	0,015	0,01
MnO	0,07	0,31	0,15	0,12	0,07	0,31	0,16	0,14	0,104	0,01
AK	16,3	13,1	11,8	16,6	11,8	16,6	14,45	14,7	2,372	-5,1
Top	99,13	99,72	99,68	99,68	99,13	99,72	99,55	99,68	0,28	0,01
ΣC	0,92	0,85	0,85	0,62	0,62	0,92	0,81	0,85	0,13	0,02
ΣS	0,34	d	d	d	-	-	-	-	-	0,02

min en küçük konsantrasyon değeri, max en büyük konsantrasyon değeri, ort aritmetik ortalama, St Sapma standart sapma, DL. dedeksiyon limit, d dedeksiyon limiti altındaki değer - hesaplanmamış değer, AK ateşte kayıp, Top (toplam SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃+MgO+CaO+Na₂O+K₂O+TiO₂+ P₂O₅+MnO+AK)

Ek Tablo 8. Dere kumlarının ana element analiz sonuçları ve istatistiksel parametreleri

Örnek No	Si %	Al %	Fe %	Mg %	Ca %	Na %	K %	Ti %	P %	Mn %	ΣS %
D1	20,88	6,78	13,97	0,75	1,29	0,53	0,75	0,29	0,04	0,05	0,34
D2	27,13	8,17	3,76	0,99	2,12	0,76	0,93	0,33	0,04	0,24	d
D3	26,90	8,08	4,39	0,90	2,92	0,98	0,82	0,38	0,04	0,12	d
D4	26,12	9,40	3,64	0,91	0,82	0,10	0,53	0,35	0,03	0,09	d
Min	20,88	6,78	3,64	0,75	0,82	0,10	0,53	0,29	0,03	0,05	-
Mak	27,13	9,40	13,9	0,99	2,92	0,98	0,93	0,38	0,04	0,24	-
Ort	25,26	8,11	6,44	0,89	1,79	0,59	0,76	0,34	0,04	0,13	-
Medyan	26,51	8,13	4,08	0,90	1,71	0,64	0,78	0,34	0,04	0,10	-
St Sap	2,952	1,06	5,03	0,10	0,92	0,37	0,16	0,03	0,006	0,08	-
SD.	30,30	5,60	3,40	1,40	3,80	1,10	1,70	0,55	0,066	0,062	0,02

min; en küçük konsantrasyon değeri, mak; en büyük konsantrasyon değeri, ort; aritmetik ortalama, St Sapma; standart sapma, d; dedeksiyon limiti altındaki değer, -; hesaplanmamış değer, SD sınır değerler (Li, 2000, river mud)

Ek Tablo 9. Dere kumlarının iz element (ağır metal) analiz sonuçları, istatistiksel parametreler

Örnek No	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	As ppm	Cd ppm	Hg ppm	Ba ppm
D1	3098,4	1425,2	1996	60,0	15,0	0,23	1168
D2	246,9	105,4	398	12,7	3,0	0,01	828
D3	237,6	80,6	231	11,9	0,6	d	1306
D4	224,4	389,0	1182	34,9	8,5	0,14	330
Minimum	224,4	80,6	231	11,9	0,6	d	330
Maksimum	3098,4	1425,2	1996	60	15	0,23	1306
Ortalama	951,8	500	951	29,8	6,78	0,13	908
Medyan	242,2	247,2	790	23,8	5,75	0,14	998
St Sapma	1431,1	632,4	810,2	22,7	6,4	0,111	434,5
Sınır Değerler	32	23	78	8,4	0,26	0,083	430
Dedeksiyon L.	0,1	0,1	1	0,5	0,1	0,01	1

minimum; en küçük konsantrasyon değeri, maksimum; en büyük konsantrasyon değeri, ortalama; aritmetik ortalama, St Sapma; standart sapma, Dedeksiyon L.; dedeksiyon limit, d; dedeksiyon limiti altındaki değer

Ek Tablo 10. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin elementlere göre jeobirikim indeks değerleri ile bu değerlerin en düşük, en yüksek, medyan ve yüzde değerleri

Elementler	Pb	Cd	As	Hg	Cu	Zn	Fe	S
T1	3.67	4.06	1.97	1.00	5.26	1.99	0.67	
T2	3.12	2.15	1.77	1.15	1.70	0.68	0.57	-1.81
T5	1.28	2.47	0.20	-0.17	0.56	1.04	-0.43	
T6	1.32	1.74	-0.42	-0.17	0.32	-0.14	0.11	
T7	3.71	1.74	2.46	2.15	1.87	-0.12	0.01	-1.07
T8	0.20		-1.14	-0.58	0.31	-0.67	0.23	
T9	2.91	3.32	0.60	0.83	1.10	0.33	0.51	
T10	2.09	2.15	0.88	0.15	-0.17	0.07	0.05	
max	3,71	4,06	2,46	2,15	5,26	1,99	0,67	-1,07
min	0,20	1,74	-1,14	-0,58	-0,17	-0,67	-0,43	-1,81
medyan	2,50	2,15	0,74	0,49	0,83	0,20	0,17	-1,44
% 25	1,31	1,94	0,04	-0,17	0,32	-0,13	0,04	-1,62
% 50	2,50	2,15	0,74	0,49	0,83	0,20	0,17	-1,44
% 75	3,26	2,90	1,82	1,04	1,74	0,77	0,52	-1,25

min, en düşük değer, max, en yüksek değer

Ek Tablo 11. Çalışma alanından derlenen toprak örneklerine ait elementlerin zenginleşme faktörleri ve sınıflamaları

Elementler	Pb	Cd	As	Cu	Hg	Zn	Fe	S
T1	12.16	15.97	3.74	36.73	1.92	3.79	1.53	
T2	8.23	4.21	3.22	3.09	2.11	1.52	1.40	0.27
T5	2.98	6.83	1.41	1.81	1.09	2.52	0.91	
T6	2.80	3.74	0.84	1.40	1.00	1.02	1.21	
T7	16.86	4.29	7.10	4.70	5.72	1.18	1.30	0.61
T8	1.23		0.49	1.33	0.72	0.67	1.26	
T9	8.27	11.00	1.67	2.36	1.95	1.38	1.57	
T10	4.78	4.99	2.07	1.00	1.25	1.18	1.16	
max	16,86	15,97	7,10	36,73	5,72	3,79	1,57	0,61
min	1,23	3,74	0,49	1,00	0,72	0,67	0,91	0,27
medyan	6,51	4,99	1,87	2,08	1,58	1,28	1,28	0,44
% 25	2,94	4,25	1,27	1,38	1,07	1,14	1,20	0,36
% 50	6,51	4,99	1,87	2,08	1,58	1,28	1,28	0,44
% 75	9,24	8,91	3,35	3,49	1,99	1,77	1,43	0,53

min, en düşük değer, max, en yüksek değer

Ek Tablo 12. Harkköy Madeni'ne ait toprak örneklerinin kirlilik faktörleri, bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) sonuçları ve sınıflamaları

Örnek No	C _f								IPI	Sınıflandırma
	Pb	Cd	Cu	As	Hg	Zn	Fe	S		
T1	19,03	25,00	57,49	5,86	3,00	5,94	2,39		16,96	Çok yüksek
T2	13,03	6,67	4,88	5,10	3,33	2,40	2,22	0,43	4,76	Önemli
T5	3,64	8,33	2,21	1,72	1,33	3,08	1,11		3,06	Önemli
T6	3,74	5,00	1,87	1,12	1,33	1,36	1,62		2,29	Önemli
T7	19,66	5,00	5,48	8,28	6,67	1,38	1,51	0,71	6,09	Çok yüksek
T8	1,72		1,86	0,68	1,00	0,94	1,76		1,33	Orta
T9	11,28	15,00	3,21	2,28	2,67	1,88	2,14		5,49	Çok yüksek
T10	6,38	6,67	1,33	2,76	1,67	1,58	1,55		3,13	Önemli

C_f, kirlilik faktörleri, IPI, bütünleşik kirlilik indeksi

Ek Tablo 13 . Fındık/Toprak oranlarına ait değerler

Fındık/Toprak Oranları						
S	Fe	Cu	Pb	Zn	Hg	Cd
-	0.0004	0.01	0.0003	0.08	0.01	-
5.7	0.0005	0.13	0.0004	0.19	-	0.03
-	0.0009	0.33	0.0008	0.16	0.05	0.04
-	0.0006	0.38	0.0016	0.34	0.05	0.07
3.8	0.0005	0.18	0.0003	0.34	0.03	0.07
-	0.0004	0.39	0.0012	0.43	-	-
-	0.0004	0.27	0.0002	0.39	-	0.07
-	0.0005	0.41	0.0392	0.26	0.04	0.03

- hesaplanmamış

Ek Tablo 14. Harkköy Madeninden elde edilen her bir örneğin toprak ve bitki bazında karşılaştırmalı zenginleşme katsayıları

Örnek No	İlişki	Fe	S	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Hg
1	Meyve / Toprak	0.0004		0.012	0.0003	0.08			0.011
	Dal / Toprak	0.0011		0.008	0.0350	0.17	0.007	0.15	
	Meyve / Dal	0.4000	1.89	1.518	0.0075	0.45			
2	Meyve / Toprak	0.0005	5.67	0.128	0.0004	0.19		0.03	
	Dal / Toprak	0.0014	2.7	0.063	0.1101	0.30		0.95	0.04
	Meyve / Dal	0.3333	2.13	2.030	0.0035	0.64		0.03	
5	Meyve / Toprak	0.0009		0.334	0.0008	0.16		0.04	0.05
	Dal / Toprak	0.0031		0.151	0.1236	0.40		0.70	0.15
	Meyve / Dal	0.3077	2.14	2.217	0.0067	0.40		0.06	0.333
6	Meyve / Toprak	0.0006		0.381	0.0016	0.34	0.018	0.07	0.05
	Dal / Toprak	0.0029		0.177	0.1286	0.60	0.018	1.50	0.075
	Meyve / Dal	0.2222	2.11	2.153	0.0125	0.56	1	0.04	0.667
7	Meyve / Toprak	0.0005	3.80	0.179	0.0003	0.34		0.07	0.025
	Dal / Toprak	0.0016	1.6	0.079	0.0780	1.19		1	0.025
	Meyve / Dal	0.3333	2.38	2.268	0.0033	0.29		0.07	1
8	Meyve / Toprak	0.0004		0.390	0.0012	0.43			
	Dal / Toprak	0.0016		0.230	0.2878	1.29			0.02
	Meyve / Dal	0.2727	2.29	1.693	0.0040	0.33		0.04	
9	Meyve / Toprak	0.0004		0.273	0.0002	0.39		0.07	
	Dal / Toprak	0.0010		0.105	0.0512	1.30	0.009	0.62	0.033
	Meyve / Dal	0.3750	2.00	2.611	0.0035	0.30		0.11	
10	Meyve / Toprak	0.0005		0.412	0.0392	0.26		0.03	0.025
	Dal / Toprak	0.0022		0.250	0.0832	0.50		0.58	0.037
	Meyve / Dal	0.2308	1.67	1.646	0.4708	0.52		0.04	0.667

Ek Tablo 15. Dereler ve maden sızıntı sularının pH derecelerine göre metal yüklerinin belirlenmesinde kullanılan Ficklin Diyagramına ait eksen verileri (Toplam (Cd+Co+Cu+Ni+Pb+Zn) - pH dağılım)

							y Ekseni	x Ekseni
	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	(Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) toplam	ph
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
Ç1		0,00004	0,0044	0,0002	0,0004	0,0173	0,02234	8,32
Ç2	0,00013	0,00022	0,0301		0,0003	0,0435	0,07425	8,24
Ç3	0,0001	0,00003	0,0085		0,0002	0,0129	0,02173	8,3
K1	0,00015	0,00008	0,0046		0,0002	0,0436	0,04863	8,29
K2	0,00007	0,00004	0,0079		0,0003	0,0252	0,03351	8,42
M1	0,00047	0,00016	0,0254		0,001	0,0863	0,11333	7,46
M2	0,41082	0,0207	21,952	0,0268	1,4097	56,7013	80,5213	3,51
M3	0,01945	0,0008	0,0434	0,0023	0,0019	2,6587	2,72655	7,21
M4	0,00217	0,00009	0,0715	0,0003	0,0042	0,2628	0,34106	7,1
O1	0,00231	0,00003	0,0059	0,0002	0,0004	0,1641	0,17294	7,79
O2	0,15658	0,00369	0,0387	0,0088	0,0118	6,6898	6,90937	7,74
MD			0,001	0,0002	0,0003	0,0091	0,0106	7,66
DD	0,00161	0,00007	0,065	0,0003	0,0006	0,2165	0,28408	7,71
GAL	0,21756	0,01371	0,0227	0,0191	0,0059	40,5017	40,7807	6,99
AS	0,1299	0,00957	34,9763	0,014	1,069	12,214	48,4128	3,03

Ek Tablo 16. Elementlerin ortamın asitlik derecesi ve metal yoğunluğuna göre dağılımlarının belirlenmesinde kullanılan Ficklin Diyagramına ait eksen verileri

	y Eksen						x Eksen
	a)	b)	c)	d)	e)	f)	
	Zn mg/L	Pb mg/L	Fe mg/L	Cu mg/L	As mg/L	Cd mg/L	ph
Ç1	0,0173	0,0004	0,046	0,0044	0,0016		
Ç2	0,0435	0,0003	0,219	0,0301	0,0067	0,00013	8,32
Ç3	0,0129	0,0002	0,032	0,0085	0,0007	0,0001	8,24
K1	0,0436	0,0002	0,017	0,0046	0,0012	0,00015	8,3
K2	0,0252	0,0003	0,056	0,0079	0,0008	0,00007	8,29
M1	0,0863	0,001	0,248	0,0254	0,0049	0,00047	8,42
M2	56,7013	1,4097	39,941	21,952	0,0007	0,41082	7,46
M3	2,6587	0,0019	0,026	0,0434	0,0005	0,01945	3,51
M4	0,2628	0,0042	0,099	0,0715	0,001	0,00217	7,21
O1	0,1641	0,0004	0,037	0,0059	0,0018	0,00231	7,1
O2	6,6898	0,0118		0,0387		0,15658	7,79
MD	0,0091	0,0003	0,03	0,001			7,74
DD	0,2165	0,0006	0,064	0,065		0,00161	7,66
GAL	40,5017	0,0059		0,0227	0,0031	0,21756	7,71
AS	12,214	1,069	57,087	34,9763	0,0688	0,1299	6,99

a) Zn - pH dağılımı, b) Pb - pH dağılımı, c) Fe - pH dağılımı, d) Cu - pH dağılımı, e) As - pH dağılımı, f) Cd - pH dağılımı

Ek Tablo 17. Çalışma alanına ait dere kumu örneklerinin elementlere göre jeobirikim indeks değerleri

Elementler	Kritik Değerler	Min.-Max.	Ortalama Değer	Yüzdebirlik Değerler			
				% 25	% 50	% 75	% 90
Fe	34000	-0,48_1,45	0,08	-0,45	-0,33	0,20	0,95
Cu	32	0,22_6,01	3,23	2,29	2,34	3,28	4,92
Pb	23	0,22_5,37	2,92	1,51	2,55	3,96	4,81
Zn	78	0,98_4,09	2,54	1,57	2,55	3,53	3,87
As	8,4	-0,08_2,25	0,91	-0,01	0,74	1,67	2,02
Cd	0,26	0,62_5,27	3,32	2,36	3,69	4,65	5,02
Hg	0,08	-3,58_0,94	-0,81	-1,68	0,22	0,58	0,80

Sınır değerler: ppm, Li 2000, min: en küçük jeobirikim indeks değeri, max: en büyük jeobirikim indeks değeri

Ek Tablo 18. Çalışma alanına ait dere kumu örneklerinin elementlere göre zenginleşme faktörleri

Elementler	B _n	Min.-Max.	Ortalama Değer	Yüzdebirlik Değerler			
				% 25	% 50	% 75	% 90
Fe	34000	0,72_3,85	1,61	0,83	0,94	1,72	3,00
Cu	32	5.64_107,95	31,92	6,62	7,04	32,34	77,71
Pb	23	7.07_148,97	48,63	8,62	19,25	59,26	113,08
Zn	78	4,06_41,79	17,66	6,20	12,39	23,84	34,61
As	8,4	2,10_12,63	5,56	2,19	3,76	7,14	10,43
Cd	0,26	7.42_221,07	88,90	29,37	63,56	123,09	181,88
Hg	0,083	0,29_8,07	3,97	1,92	3,55	5,81	7,17
(%)Al _{ref}	5.6						

B_n Referans değerler (ppm) Li 2000, min: en küçük zenginleşme faktörü, max: en büyük zenginleşme faktörü

Ek Tablo 19. Harkköy Madeni'ne ait dere kumu örneklerinin kirlilik faktörleri (C_f), bütünleşik kirlilik indeksi (IPI) sonuçları ve sınıflamaları

Örnek No	Kirlilik Faktörü C _f							IPI	Sınıflandırma
	Fe	Cu	Pb	Zn	As	Cd	Hg		
D1	4,11	96,83	61,97	25,59	7,14	57,69	2,77	36,59	Çok yüksek kirlilik
D2	1,11	7,72	4,58	5,10	1,51	11,54	0,12	4,53	Düşük kirlilik
D3	1,29	7,43	3,50	2,96	1,42	2,31		3,15	Düşük kirlilik
D4	1,07	7,01	16,91	15,15	4,15	32,69	1,69	11,24	Orta dereceli kirlilik

ÖZGEÇMİŞ

Kadriye ERKAN, 1984 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini; 1998-2002 yılları arasında İstanbul Borusan Asım Kocabıyık Anadolu Meslek Lisesinde, lisans öğrenimini ise; 2002-2006 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirdi. Lisans öğrenimini fakülte ve bölüm bazında ikincilik derecesi ile tamamladı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2014-2015 yılları arasında İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalında yüksek lisans yaparak B sınıfı İş Güvenliği Uzmanı ünvanını aldı.

2009-2013 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. 2012-2018 yılları arasında Trabzon ve Gümüşhane Asliye Hukuk ve Ceza Hukuk Mahkemelerinde Jeoloji Mühendisliği Teknik Bilirkişilik görevini icra etti. 2013-2016 yıllarında şahsına ait büro ile mühendislik ve danışmanlık hizmetleri verdi.

Yazar almanca ve ingilizce bilmektedir. Evlidir.