

**T.C  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASANGAZİ (PÜLÜMÜR-TUNCELİ) KROM İŞLETMESİNİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eylem AKARSU AKYOL**

**Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL**

**HAZİRAN-2013**

**T.C.  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASANGAZI (PÜLÜMÜR-TUNCELİ) KROM İŞLETMESİNİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Eylem AKARSU AKYOL**

**(092102101)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07/05/2013**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 10/06/2013**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL (T.Ü.)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Veysel DEMİR (T.Ü.)**

**Yrd. Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM (T.Ü.)**

**HAZİRAN-2013**

Eylem AKARSU AKYOL tarafından hazırlanan HASANGAZİ (PÜLÜMÜR-TUNCELİ) KROM İŞLETMESİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan : Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL (T.Ü)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Veysel DEMİR (T.Ü)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nuran ÇIKCIKOĞLU YILDIRIM (T.Ü)

Tarih : 10 Haziran 2013

## ÖNSÖZ

Madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü sahalarda günümüzde ve gelecekte çevresel risk faktörleri yüksek alanlardır. Bu alanların jeolojik yapısı ve pasaların karakteristiği; toprak, sediment, yüzey ve yeraltı sularının kirlenme derecesini etkileyen önemli parametrelerdir.

Tez kapsamında Hasangazi krom işletmesinin olası çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla, söz konusu işletmenin mevcut durumu belirlenmiş, işletme ve civarının jeolojik haritası hazırlanmış, cevher ve yan kayacının mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri ortaya çıkarılmış, işletme alanı ve çevresinden yağışlı ve kurak dönemde drene olan sularda arazide fiziksel parametreler belirlenmiş, analizler için işletme pasası, dere sedimanı, bahçe toprağı ve su örnekleri alınmıştır. İşletme pasası, dere sedimanı ve bahçe toprağının mineralojik ve kimyasal analizleri, su örneklerinin ise kimyasal analizleri yapılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan bu araştırmaların ilk oluşu ve elde edilen verilerin Tunceli ilinde yapılan madencilik faaliyetlerinin çevresel etkileri ile ilgili araştırmalara altlık oluşturacağı için son derece önemlidir.

Tezimin arazi çalışmalarında bana destek veren Arş. Gör. Alican AKTAĞ, Arş. Gör. Okay ÇİMEN ve Çevre Mühendisi Nilgün TAYHAN'a ve literatür çalışmalarımda yardımını esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Nurcan KÖLELİ ve Çevre Mühendisi Sinem ÖZTÜRK YEŞİL'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında bilgi, deneyim ve emekleri ile bana yardımcı olan ve destekleyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında her türlü desteğini esirgemeyen sevgili eşim Düzgün AKYOL ve biricik oğlum Rohan Toprak AKYOL'a teşekkür ederim.

Bu tez Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 9.402,19 TL ile desteklenmiş olup bu destek miktarının 9.250,82 TL'si harcanarak çalışma tamamlanmıştır. Sağlanan maddi destek için, Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Eylem AKARSU AKYOL

TUNCELİ-2013

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ .....	I
İÇİNDEKİLER .....	II
ÖZET .....	IV
SUMMARY .....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	VI
TABLolar LİSTESİ .....	XII
KISALTMALAR LİSTESİ .....	XIV
SEMBOLLER LİSTESİ .....	XV
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Krom ve Kromitin Genel Özellikleri .....	2
1.2. Krom Yataklarının Oluşumu .....	4
1.3. Krom Cevherinin Mineralojisi ve Kromit Yantaşları .....	6
1.4. Türkiye'deki Krom Yatakları .....	7
1.5. Dünyada Krom Rezervleri .....	8
1.6. Kromun Kullanım Alanları .....	9
1.7. Krom İşletmeciliğinde Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri .....	10
1.7.1. Açık Maden İşletmeleri .....	10
1.7.2. Yeraltı (Kapalı) Maden İşletmeleri .....	11
1.7.3. Krom İşletme Pasalarının Çevresel Etkileri .....	12
1.8. İnceleme Alanının Coğrafik Durumu .....	16
1.9. İnceleme Alanı ve Civarındaki Öncel Çalışmalar .....	17
2. MATERYAL ve METOT .....	19
2.1. Jeolojik Çalışmalar .....	19
2.2. Cevher ve Yan Kayacında Yapılan Çalışmalar .....	19
2.3. İşletme Pasası, Bahçe Toprağı ve Dere Sedimentlerinde Yapılan Çalışmalar.....	20
2.4. Su Örnekleme Noktalarında Yapılan Arazi Ölçümleri ve Laboratuvar Analizleri .....	23
2.5. İstatistiksel Analizler ve Hesaplamalar .....	25
3. BULGULAR .....	26
3.1. Tunceli İli Krom Yatakları .....	26
3.2. Hasangazi Krom İşletmesi .....	27
3.2.1. İşletmenin Mevcut Durumu .....	29
3.3. İşletme Sahası ve Civarının Jeolojisi .....	33
3.4. Hasangazi Kromit Cevheri ve Yankayacının Saha Özellikleri .....	38
3.5. Hasangazi Krom Cevheri ve Yankayasının Mineralojik Petrografik Özellikleri .....	40
3.5.1. Yankayanın Mineralojik-Petrografik Özellikleri .....	40
3.5.2. Krom Cevherinin Mineralojik-Petrografik Özellikleri .....	48
3.6. Pasa, Bahçe Toprağı ve Dere Sedimentlerinin Mineralojik Bileşimi ...İ....	52
3.6.1. Pasa, Toprak ve Bazı Dere Sedimentlerinin Yağışlı Dönem Sonu Mineralojik Bileşimi .....	52
3.6.2. Pasa, Toprak ve Bazı Dere Sedimentlerinin Kurak Dönem Sonu Mineralojik Bileşimi .....	56
3.7. Sediment Örneklerinin Kimyasal Analizleri .....	59
3.8. Pasa ve Toprak Örneklerinin Kimyasal Analizleri .....	88

3.9.	Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri .....	95
3.9.1.	Su Örneklerinin Bazı Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Analizleri .....	96
3.9.2.	Su Örneklerinin Kimyasal Analizleri .....	106
4.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA .....	123
5.	ÖNERİLER .....	130
	KAYNAKLAR .....	132
	ÖZGEÇMİŞ .....	136

## ÖZET

Hasangazi Krom İşletmesinin bulunduğu alan ve çevresindeki mevcut ve olası çevresel risklerinin belirlenmesi ve belirlenen çevresel riskler için çözüm önerilerinin üretilmesi bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla; İşletme yapılan saha ve civarının doğal jeolojik yapısı, işletilen krom cevheri ve yan kayacının mineralojik-kimyasal özelliği, yağışlı ve kurak dönem sonrası, cevher pasası, dere sedimenti ve bahçe toprağının mineralojik ve kimyasal bileşimi, dere sularının arazi-laboratuarda fiziksel ve kimyasal bileşimi belirlenerek Tunceli ilinde konu ile ilgili ilk bilimsel veriler bu tez kapsamında elde edilmiştir.

Hasangazi krom işletmesinin bulunduğu alanda Kretase yaşlı ofiyolitik ve metamorfik kayalar ile Miyosen yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayalar yer almaktadır. Cevher Kretase yaşta olduğu düşünülen ofiyolitik kayaların içinde birbirinden bağımsız mercek veya şekilsiz kütleler halinde bulunmaktadır. İşletmeye esas cevher minerali kromit, gang minerali ise olivin (forsterit) ve serpantin (krizotil) dir.

Dere sedimentleri kimyasal analizlerinin istatistiksel değerlendirmesinde yağışlı dönem sonunda özellikle Cr ve Ni arasındaki çok kuvvetli pozitif ilişkinin, Ni ile Mg arasındaki doğru yönlü tam ve Cr ile Mg arasındaki çok kuvvetli pozitif ilişkinin varlığı; Ni ve Mg'un kaynağının Cr yatağı ve ilişkili yan kayacı olduğunu göstermiştir. Bu sedimentler Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansının (USEPA) belirlediği sediment kalite kriterlerine göre Cr ve Ni'ce kirletilmiştir.

İşletme alanındaki Dikilitaş dere ve işletme alanı dışındaki Hasangazi dere suyunda arazide yerinde yapılan ölçümler ve alınan örneklerin laboratuardaki analizlerinden, işletme alanından drene olan suyun bazik karakterli yani çözücü değil çökeltici olması nedeniyle, Zn ve Pb hariç birçok element açısından ağır metal yükü az, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre I. sınıf kıta içi su özelliğindedir. İşletme alanındaki iki istasyonda Pb, örnekleminin yapıldığı tüm istasyonlarda ise Zn bakımından sırasıyla II ve III. sınıf kıta içi su kalitesinde olup, kirlenmiştir. Çalışma alanı ve civarında ekosistemin korunması ve sürdürülebilir gelişmenin sağlanabilmesi için ilgili kurumların gerekli tedbirleri aldırması benzer araştırmaların desteklenmesi ve devam ettirilmesi büyük önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İşletme Pasası, Su ve Sediment, Hasangazi Krom İşletmesi, Çevresel Riskler, Ekosistemin Korunması, Tunceli.

## SUMMARY

### **Environmental Effects of Hasangazi (Pülümür-Tunceli) Chromite Mine**

The aim of this thesis is to determine current and potential environmental risks of the area of Hasangazi Chromite Mine and surroundings and to produce solutions for determined environmental risks. The first scientific data on the subject in the province of Tunceli were obtained within this thesis, with determination of natural geological structure of study area and surroundings and mineralogical-chemical characteristics of operated chromite ore and wall rock; after wet and dry periods mineralogical-chemical composition of creek sediment, ore's mining waste, garden soil and the creek water's physical and chemical composition at field laboratory.

There are cretaceous old ophiolitic and metamorphic rocks with miocene old volcanic and volcanoclastic rocks in Hasangazi Chromite Mine's area. The ore is found into ophiolitic rocks which thought to be at cretaceous age in case of amorphous masses or lens independent of each other. Operated ore mineral is chromite, gangue mineral is olivine (forsterite) and serpentine is (chrysotile).

At statistical evaluation of chemical analysis of stream sediment; at the end of the wet period especially, very strong positive relationship between Cr and Ni and the presence of right way full relationship between Ni and Mg and very strong positive relationship between Cr and Mg have shown that the source of Ni and Mg is Cr and relevant wall rock. These sediments are contaminated by Cr and Ni according to criteria set by USAEPA.

Based on the evaluations of in situ measurements and laboratory analysis of water samples taken from Dikilitaş creek in the study area and Hasangazi creek located outside of the study area; the drained water from the study area is an alkaline character, that means that it is flocculant, not solvent. This water contains very low level of heavy metals but Zn and Pb which are also below prescribed guidelines that this water can be classified as a first class inland water according to National water pollution control regulation. At two stations in study area in point of Pb and at all others stations sampled in point of Zn, it classified second and third class inland water, respectively. It is crucial that conservation of study area's and surrounding's ecosystem and ensure sustainable development and maintain and taking necessary measures by relevant institutions.

**Keywords:** Mine Waste, Water And Sediment, Hasangazi Chromite Mine, Environmental Risks, Ecosystem Conservation, Tunceli.



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. Pozantu karsantu ofiyoliti içerisindeki krom yataklarında A, B: Nodüler, C: saçınımlı ve D: bantlı kromit cevherlerinin görünümü.....	5
Şekil 1.2. Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılım oranları .....	8
Şekil 1.3. Açık maden ocağı görüntüsü .....	11
Şekil 1.4. Kapalı maden ocağı görüntüsü .....	12
Şekil 1.5. Serpantin grubu asbest minerallerinin (A) Krizotil, (B) Lizardit ve(C) Antigorit görünümü .....	13
Şekil 1.6. Amfibol grubu asbest minerallerinin (A) Krokidolit ve (B) Tremolit görünümü .....	14
Şekil 1.7. Amfibol grubu asbest minerallerinin (A) Aktinolit ve (B) Amozit görünümü .....	15
Şekil 1.8. Akciğere Yerleşmiş Asbestosis.....	16
Şekil 2.1. İşletme sahası ve civarından alınan pasa, sediment ve toprak örnekleme noktaları.....	22
Şekil 2.2. Su örnekleme noktaları .....	24
Şekil 2.3. 2012 yılı Haziran ayında HS-H2 nolu örnek noktasında arazide yapılan ölçüm.....	25
Şekil 3.1. Hasangazi krom cevherleşmesinin faaliyet öncesi görünümü .....	29
Şekil 3.2. Hasangazi krom ocağı 1 ve 2 nolu işletmenin 2013 yılı google earth görüntüsü.....	30
Şekil 3.3. Hasangazi krom işletmesi 1 nolu ocak pasası .....	30
Şekil 3.4. Hasangazi krom işletmesi 1 nolu işletme alanının kuzeybatı görünümü ve Dikilitaş dere yatağındaki silt birikimi (bakış kuzetbatıdan güneydoğuya).....	31
Şekil 3.5. Hasangazi krom işletmesi 2 nolu ocak alanındaki pasaların durumu.....	31
Şekil 3.6. Hasangazi krom işletmesi 2 nolu ocak alanında oluşmuş çukur .....	32
Şekil 3.7. Dikilitaş dere yatağında oluşturulmuş seddenin ardındaki gölet ve silt birikimi .....	32

Şekil 3.8. Hasangazi krom işletmesi ve civarının jeoloji haritası .....	34
Şekil 3.9. Hasangazi krom işletmesi ve civarındaki ofiyolitik kayalar (KOf) ve işletme pasası (2 nolu ocaktan batıya bakış).....	36
Şekil 3.10. Metamorfitletler içerisindeki rekristalize kireçtaşı-mermer (KPk) birimi .....	37
Şekil 3.11. Metamorfitletlere ait kireçtaşı-KPk (solda) ve meta volkanitlerin-KVc (ortada) arazideki konumu.....	37
Şekil 3.12. Cevher yan kayacındaki breşik yapı .....	38
Şekil 3.13. Serpantinleşmiş cevher yan kayacın görünümü .....	39
Şekil 3.14. Dolerit'in sahadaki görünümü .....	39
Şekil 3.15. Hazburjitlet bileşimli kayacın çift nikoldeki genel görünümü ve serpantin içinde kromit tanesi (ortada, siyah); Örnek No HK-1 .....	40
Şekil 3.16. Hazburjitlet bileşimli kayacın tek nikoldeki genel görünümü ve serpantin içinde kromit tanesi (ortada, siyah); Örnek No HK-1.....	41
Şekil 3.17. Hazburjitlet bileşimli kayacı oluşturan ortopiroksen (sol alt köşe, koyu renkli) ile serpantinitletlerindeki kalık olivinler ve kayactaki elek dokusunun görünümü; Çift nikol,örnek no HK-1.....	41
Şekil 3.18. Hazburjitlet bileşimli kayacı oluşturan ortopiroksen (sol alt köşe) ile serpantinitletlerindeki kalık olivinler ve kayactaki elek dokusunun görünümü; Çift nikol. Örnek no HK-1.....	42
Şekil 3.19. Harzburjitletlerdeki ortopiroksenlerindeki olivin kapantıları ve serpantinlerindeki kalık olivinler. Örnek no HK-1. Çift Nikol.....	42
Şekil 3.20. Harzburjitletlerdeki ortopiroksenlerindeki olivin kapantıları ve serpantinlerindeki kalık olivinler. Örnek no HK-1. Tek Nikol.....	43
Şekil 3.21. Porfirik dokulu mikrogabronun genel görünümü. Özşekilli klinopiroksen ve girik ikizlenmeli plajiyoklas porfiroblastları. Örnek no HK-2. Çift Nikol.....	44
Şekil 3.22. Porfirik dokulu mikrogabronun genel görünümü. Özşekilli klinopiroksen ve girik ikizlenmeli plajiyoklas porfiroblastları. Örnek no HK-2. Tek Nikol .....	45
Şekil 3.23. Doleritin genel görünümü ve doleritteki çatlağa (sol alt köşe) yerleşmiş ikincil kalsit oluşumları. Örnek no HK-4. Çift Nikol .....	46

Şekil 3.24. Doleritin genel görünümü ve doleritteki çatlağa (sol alt köşe) yerleşmiş ikincil kalsit oluşumları. Örnek no HK-4. Tek Nikol .....	46
Şekil 3.25. Serpantinit içindeki ikincil kalsitler (sol alt köşe) ve opak mineraller (siyah). Örnek no HK-5. Çift Nikol .....	47
Şekil 3.26. Serpantinit içindeki ikincil kalsitler (sol alt köşe) ve opak mineraller (siyah). Örnek no HK-5. Tek Nikol .....	47
Şekil 3.27. Kromitin kırıklı çatlaklı dokusu ve kırıklarda oluşmuş serpantin mineralleri. Örnek no HC-2. Çift Nikol .....	48
Şekil 3.28. Kromitin kırıklı çatlaklı dokusu ve kırıklarda oluşmuş serpantin mineralleri. Örnek no HC-2. Çift Nikol .....	49
Şekil 3.29. Kromitin kırıklarını dolduran ve çevreleyen serpantin kılıfı ve serpantin içinde kalık olivin (Çift Nikol) .....	49
Şekil 3.30. 2011 Haziran ayı HT-H1 nolu örneğin XRD çözümü .....	52
Şekil 3.31. 2011 Haziran ayı HT-H2 nolu örneğin XRD çözümü .....	53
Şekil 3.32. 2011 Haziran ayı HT-H5 nolu örneğin XRD çözümü .....	54
Şekil 3.33. 2011 Haziran ayı HT-H6 nolu örneğin XRD çözümü .....	54
Şekil 3.34. 2011 Haziran ayı HT-H7 nolu örneğin XRD çözümü .....	55
Şekil 3.35. 2011 Haziran ayı HT-H9 nolu örneğin XRD çözümü .....	55
Şekil 3.36. 2011 Haziran ayı HT-H10 nolu örneğin XRD çözümü .....	56
Şekil 3.37. 2011 Ekim ayı HT-E1 nolu örneğin XRD çözümü .....	57
Şekil 3.38. 2011 Haziran ayı HT-E3 nolu örneğin XRD çözümü .....	57
Şekil 3.39. 2011 Haziran ayı HT-E5 nolu örneğin XRD çözümü .....	58
Şekil 3.40. 2011 Ekim ayı HT-E6 nolu örneğin XRD çözümü .....	58
Şekil 3.41. 2011 Ekim ayı HT-E7 nolu örneğin XRD çözümü .....	59
Şekil 3.42. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki SiO <sub>2</sub> miktarları.....	63
Şekil 3.43. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> miktarları.....	64

Şekil 3.44. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> miktarları .....	67
Şekil 3.45. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki MgO miktarları .....	68
Şekil 3.46. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki CaO miktarları .....	69
Şekil 3.47. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Na <sub>2</sub> O miktarları.....	70
Şekil 3.48. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki K <sub>2</sub> O miktarları.....	71
Şekil 3.49. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki TiO <sub>2</sub> miktarları.....	73
Şekil 3.50. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> miktarları.....	74
Şekil 3.51. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki MnO miktarları.....	75
Şekil 3.52. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> miktarları .....	76
Şekil 3.53. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki As miktarları .....	77
Şekil 3.54. 2011 yılı haziran ayı iz elementlerin USEPA/ERL değerleri ile normalizasyon diyagramı.....	78
Şekil 3.55. 2011 yılı ekim ayı iz elementlerin USEPA/ERL değerleri ile normalizasyon diyagramı .....	78
Şekil 3.56. 2011 yılı haziran ayı iz elementlerin USEPA/ERM değerleri ile normalizasyon diyagramı .....	79
Şekil 3.57. 2011 yılı ekim ayı iz elementlerin USEPA/ERM değerleri ile normalizasyon diyagramı .....	79
Şekil 3.58. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cd miktarları .....	80
Şekil 3.59. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cr miktarları.....	82
Şekil 3.60. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cu miktarları .....	83
Şekil 3.61. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Pb miktarları .....	84
Şekil 3.62. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Hg miktarları .....	85
Şekil 3.63. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Ni miktarları .....	87
Şekil 3.64. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Zn miktarları .....	88

Şekil 3.65. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki As, Co ve Ni miktarları .....	91
Şekil 3.66. Pasa ve toprak örneklerindeki iz elementlerin USEPA standartları ile normalizasyon diyagramı .....	92
Şekil 3.67. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki Cd, Cr ve Cu miktarları .....	93
Şekil 3.68. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki Pb, Hg ve Zn miktarları.....	94
Şekil 3.69. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki pH değerleri .....	97
Şekil 3.70. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Sıcaklık değerleri .....	98
Şekil 3.71. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki ORP değerleri .....	99
Şekil 3.72. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki EC değerleri .....	100
Şekil 3.73. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki tuzluluk değerleri .....	101
Şekil 3.74. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Na miktarları .....	102
Şekil 3.75. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki P miktarları .....	103
Şekil 3.76. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Al miktarları .....	106
Şekil 3.77. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki As miktarları .....	108
Şekil 3.78. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki B miktarları .....	109
Şekil 3.79. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Ba miktarları .....	110
Şekil 3.80. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cd miktarları .....	111
Şekil 3.81. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Co miktarları .....	112
Şekil 3.82. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cr miktarları .....	113
Şekil 3.83. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cu miktarları .....	114
Şekil 3.84. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Fe miktarları .....	115
Şekil 3.85. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Hg miktarları .....	116

Şekil 3.86. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Mn miktarları .....	117
Şekil 3.87. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Ni miktarları .....	119
Şekil 3.88. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Pb miktarları .....	120
Şekil 3.89. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Se miktarları .....	121
Şekil 3.90. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Zn miktarları .....	122

## TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Kromun fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	3
Tablo 1.2. Kromun clark konsantrasyonu (ppm) .....	3
Tablo 1.3. Krom elementi içeren krom mineralleri ve özellikleri .....	6
Tablo 1.4. Kromit minerali ile birlikte bulunan cevher, gang ve klavuz mineralleri .....	7
Tablo 1.5. Dünya kromit rezervleri .....	8
Tablo 3.1. Tunceli ili krom oluşumları ve işletmelerin mevcut durumu.....	26
Tablo 3.2. Hasangazi krom cevheri ve yan kayaçlarından yapılan EPMA analiz sonuçları ve analizi yapılan her bir mineral grubunun hesaplanmış katyon değerleri.....	51
Tablo 3.3. İnceleme alanından alınan sediment örneklerine ait ana oksit analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreleri .....	61
Tablo 3.4. İnceleme alanından alınan sediment örneklerine ait iz element analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreleri ile EPA' nın belirlediği sediment kalite kriterleri.....	62
Tablo 3.5. Haziran 2011 dönemi sedimentlere ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi .....	65
Tablo 3.6. Ekim 2011 dönemi sedimentlere ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi .....	66
Tablo 3.7. İnceleme alanından alınan pasa ve sediment örneklerine ait iz elementlerin Man Whitney U testi sonuçları .....	89
Tablo 3.8. İnceleme alanından alınan pasa ve toprak örneklerine ait iz element analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreler.....	90
Tablo 3.9. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait bazı fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelerin analiz sonuçları ve istatistik parametreler .....	96
Tablo 3.10. Ekim 2011 dönemi su örneklerindeki bazı fiziksel, inorganik-kimyasal ve inorganik kirlenme parametrelerine ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	104
Tablo 3.11. Haziran 2012 dönemi su örneklerindeki bazı fiziksel, inorganik-kimyasal ve inorganik kirlenme parametrelerine ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi.....	105

Tablo 3.12.İnceleme alanından alınan su örneklerine ait inorganik kirlenme parametreleri analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreler ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (S.K.K.Y.) Kalite Kriterleri.....	107
---	-----



## KISALTMALAR

<b>XRD</b>	: X-Işını Kırınımı
<b>ppm</b>	: (Parts Per Million) Milyonda Bir (1) Birim
<b>ppb</b>	: (Parts Per Billion) Milyarda Bir (1) Birim
<b>ORP</b>	: Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli
<b>ÇED</b>	: Çevresel Etki Değerlendirme
<b>USEPA</b>	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency, 1995, 1997, 2002)
<b>ERL</b>	: Düşük Etki Aralığı
<b>ERM</b>	: Orta Etki Aralığı
<b>S.K.K.Y.</b>	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Değişik:RG-13/2/2008-26786)
<b>SPSS</b>	: Statistical Package for Social Sciences

## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>KOf</b>	: Ofiyolitik Kayalar
<b>KPk</b>	: Rekristalize Kireçtaşı-Mermer
<b>KVc</b>	: Metamorfik Kayalar
<b>MVd</b>	: Volkanik ve Volkanoklastik Kayalar
<b>mg/kg</b>	: Kilogramda Miligram
<b>µg/l</b>	: Litrede Mikrogram
<b>PQ</b>	: Karasal Çökeller

## 1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan çevre problemlerinin ana kaynağını, mevcut doğal dengenin insan eli tarafından bozulması oluşturmaktadır. Madencilik çalışmaları da doğal dengeyi bozan, çevreyi kirleten ve canlıların yaşamını, dengesini bozan işlemlerdir. Yer kabuğundaki maden yataklarının çıkarılması ile arazi bozulmaları kaçınılmaz şekilde olmaktadır. Farklı tipte alan kullanımları ile peyzajda da önemli değişiklikler ve zararlar meydana gelmektedir. Genellikle açık ocak işletmelerde diğer madencilik türlerine göre daha büyük çevresel bozulma ve etkiler olmaktadır (Borand, 2012).

Son yıllarda artan endüstriyel faaliyetler ve bu faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların bilinçsiz bir şekilde depolanması veya doğaya verilmesi sonucu gerek ülkemizde gerekse dünyada yeraltı ve yüzey su kaynakları krom kirliliği tehdidi altına girmiştir (USEPA, 1999). Dünya bazında her yıl ortalama 170 000 ton civarında krom atığı çevreye salınmaktadır (Gadd ve White, 1993). Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde öncelikle temizlenmesi gerekli kirli sahalarda belirlenen 20 adet kirletici maddeden biride krom (VI)'dır (ATSDR, 2003). Ayrıca, krom ABD'de yeraltı sularında inorganik kirleticiler arasında kurşundan sonra en çok rastlanan 2. kirletici maddedir (Bennett, 1997). Pakistan'ın Malakand bölgesinde, zengin kromit yatakları üzerinde çevresel kirliliği ve mineral prospeksiyon üzerine yapılan bir çalışmada; toplanan bitki ve toprak örneklerinde Pb, Zn, Ni, Cr ve Co analizi yapmışlardır. *Verbasum thapsus* (Yabani tütün) bitkisinin Cr ve Ni elementlerini yüksek miktarda akümüle ettiğini belirlemişlerdir. *Verbasum thapsus*'un bünyesine aldığı Cr ve Ni elementlerinin bölgede yaşayan canlıların sağlığında çevresel tehdit olabileceğini belirtmişlerdir (Kifayattullah vd., 2001).

Endüstriyel faaliyetlere ilaveten, krom doğada en çok bulunan yedinci elementtir. Örneğin, serpantin içeren topraklarda yüksek konsantrasyonlarda krom bulunur (Zayed ve Terry, 2003). Pek çok toprakta Cr konsantrasyonu iz düzeyinde olmasına rağmen serpantin içeren topraklarda 46000 ppm düzeyine kadar ulaşabilmektedir (Kaupenjohann ve Wilcke, 1995; Kruckeberg vd., 1999). Bu topraklar kromit cevherleşmelerinin bulunduğu alanlarda doğal yolla oluşabilmektedir. Ancak, esas kaynakları krom yataklarının işletilmesi sonrası kalan atıkların (pasa) uzun süreler denetim altına alınmayışıdır. Eğer işletilen cevher küçük taneli ise pasaların bulunduğu alandan taşınımı çok daha kolay ve kısa sürede olmaktadır. Üstelik işletme sonrasında bu topraklarda Cr konsantrasyonuna ilaveten serbestleşmiş

asbest liflerinin miktarı da çok artmaktadır. Çevre ekosisteminde Cr (VI) toksik özellik gösterirken, asbest liflerinin de insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi dikkate değer derecede önemlidir.

Kromun toprak kolonundan sızarak yeraltı suyuna karışması, toprakta bulunan Cr bileşiklerinin bitkiler tarafından alınarak besin zincirine girmesi ve toprakta bulunan kromun toz halinde havaya karışması veya deri yoluyla vücuda alınması gibi farklı yollarla krom insan sağlığını tehdit etmektedir. Topraklarda Cr miktarları en az 5 µg/g'dan başlayarak bitkilere zehir etkisi yapabilecek düzeylere çıkabilmektedir (Pratt, 1966; Alloway, 1995; Zayed ve Terry, 2003). Cr (III) bileşiklerinin ve metalik kromun toksik etkisi kesin olarak kanıtlanmış değildir. Buna karşılık Cr (VI) bileşikleri Cr (III) bileşiklerine göre 100-1000 kez daha toksiktir ve insanlarda akut ve kronik olmak üzere toksik özelliğe sahiptirler. Cr (VI)'nın yüksek dozlarda alındığı takdirde kanserojen etki gösterdiği, hayvanlar üzerinde yapılan denemelerle ispatlanmıştır (USEPA, 1999; Zayed ve Terry, 2003).

Bu tezin kapsamını oluşturan Hasangazi Krom Ocağı da Tunceli'de bulunan açık ocak işletmeciliğinin uygulandığı ve bu faaliyetten kaynaklı çevresel bozulmalara neden olan işletmelerden bir tanesidir. İşletme sahasında 3 (üç) ayrı alanda açık işletme yapılarak kromit cevheri çıkarılmış olup cevher merceği boyunca kazı yapılmış ve kazı sonrası oluşan pasalar ocak içine ve ocaktan geçen derenin yamacına gelişigüzel boşaltılmıştır.

### **1.1. Krom ve Kromitin Genel Özellikleri**

Yer kabuğunun doğal bileşenlerinden biri olan krom; metalürji, kimya ve refrakter sanayinin temel elementlerinden biridir. Kromit, mineralojik olarak spinel grubuna ait bir mineral olup, küp sisteminde kristalleşir. Teorik formülü  $FeCr_2O_4$  olmakla birlikte, doğada bulunan kromit mineralinin formülü  $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$  olarak verilmektedir (DPT, 2001). Kromit, doğada kromun elde edildiği yegane mineral olup, granüle kompakt kütle ve ender olarak oktahedral kristal halinde bulunur. Dilinim içermezler. Siyah ile koyu kahverenkli dirler ve kahverengi çizgi rengi verir (Kıdım, 2009).

Krom; hayvan, bitki, toprak, volkanik toz, kayalar ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. (Özbek, 2010) Krom, bileşiklerinde genellikle +2, +3 ve +6 değerliklerinde bulunur. En kararlı olanı +3 değerlikli olanıdır. +2 değerlikli olan bileşikleri bazik +6 değerlikli olan bileşikleri asidik +3 değerlikli olan bileşikleri ise

amfoterdir. Kromun iyonik tipleri  $\text{CrO}_4^{2-}$  (kromat) ve  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (bikromat) tır. Krom, refrakter (ateşe dayanıklı) ve çok sert bir metaldir (Kaya, 2009). Kromun +2 değerlikli bileşikleri mavi, +3 değerlikli bileşikleri yeşil, +6, +7 değerlikli bileşikleri sarı, turuncu ve kırmızı renkte olur. Bu niteliklerinden dolayı krom bileşikleri boya sanayinde de geniş ölçüde kullanılır (Çınarlıdere, 2012). Krom doğada en fazla ultramafik kayaların içerisinde bulunur. Kromun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1.1.'de, kayalar içerisindeki bulunuş oranları ise Tablo 1.2.'de verilmiştir.

**Tablo 1.1.** Kromun fiziksel ve kimyasal özellikleri (Özbek, 2010).

Simgesi	Cr
Atom Numarası	24
Atom Ağırlığı	51,996 g
Atom Hacmi	7,23 $\text{cm}^3$
Yoğunluğu	7,14 $\text{g/cm}^3$
Kaynama Noktası	2642 °C
Erime Noktası	1900 °C
Elektrik İletkenliği	12 mikroohm <sup>-1</sup>

**Tablo 1.2.** Kromun clark konsantrasyonu (ppm) (Daş vd., 2012).

Clark Sayısı	100
Ultramafik Kayalar	2000
Mafik Kayalar	300
Felsik Kayalar	25
Kireçtaşları	5
Kumtaşları	100
Şeyller	100

Krom ve krom bileşikleri üretiminin başlangıç malzemesini, kromit cevher ve konsantreleri oluşturmaktadır. Kromit cevherleri hiç bir zaman saf kromit minerali içermemekte ve doğal koşullarda  $\text{Fe}^{+2}$ 'nin önemli bir kısmı  $\text{Mg}^{+2}$  ve az bir kısmı da  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mn}^{+2}$  ile yer değiştirebilmektedir. Benzer şekilde,  $\text{Cr}^{+3}$ 'ün önemli bir kısmı  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  ve az bir kısmı da  $\text{Si}^{+4}$  ve  $\text{Ti}^{+4}$  ile yer değiştirebilmektedir. Başka bir ifade ile, kromit cevherlerinin özellikleri, kullanım alanları, oluşum sırasında mineralin kristal yapısındaki yer değiştirmelere bağlı olmaktadır (Girgin, 2009).

## 1.2. Krom Yataklarının Oluşumu

Bütün krom yatakları bazik ve ultrabazik kayalar içinde bulunur. Serpantinleşmiş olarak görülen peridotitler en çok rastlanan kayalardır. Çok seyrek olarak piroksenolitler içinde yer alırlar. Bazik kayalardan norit, gabro ve anortozitler içinde ikinci derecede bulunabilirler. Peridotitlerden en çok harzburjit görülür. Dunit daha çok cevheri saran bir kuşak biçimindedir. Serpantinleşmenin ileri olduğu hallerde esas kayacı tanımakta güçlük çekilebilir. Eğer dunit serpantinleşmişse kırmızı-turuncu bir renk verir.

Krom cevheri yatakları hem deniz tabanına yayılan ultrabaziklerin oluşturduğu ofiyolitlerde, hem de büyük çaplı intrüzyonlara bağlı olarak oluşabilmektedir.

Kromit yatakları sadece erken magmatik (ortomagmatik) evrede fraksiyonel kristalleşmeyle oluşurlar. Kromitler içinde buldukları kayalarla birlikte oluşurlar. Öz şekilli kristaller yerine daha çok damla şekilli veya yuvarlağımsı taneler halindedirler. Magmanın üst kısımlarında oluşan kristaller ağırlıklarından dolayı dibe doğru çökerlerken magmatik eriyikler tarafından aşındırılırlar (korozyona uğratılırlar). Bu çökme esnasında magmanın daha sıcak alt kısımlarında aşındırılan ve kısmen yeniden erimeye (resorbe olma) uğrayan taneler kenar ve köşelerini kaybederek yuvarlağımsı şekil alırlar.

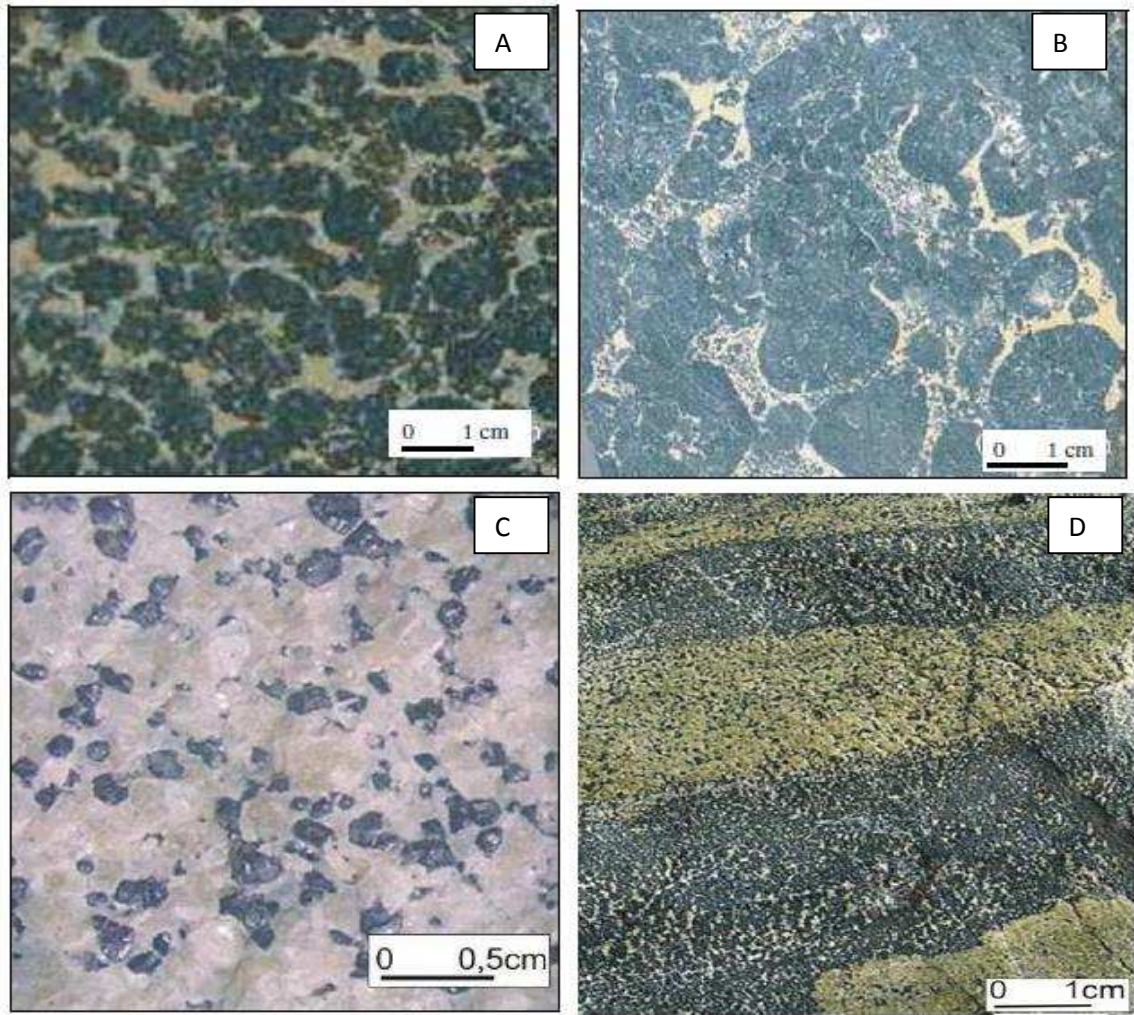
Kromitin magma eriyiğinden ilk ayrılması (Ausscheidung=segregasyon) 900-1200 °C arasında gerçekleşmektedir. Kristalleşerek ayrılan kromitin aşağıya doğru aldığı yol birkaç 10 m'den birkaç 100 m'ye kadar olabilmektedir. Alınan bu yol mesafesinde sıcaklıkta fazla bir değişiklik olmadığından (ancak birkaç 10 °C olabilir) büyük çapta yeniden erime (resorbsiyon) olayı olmamaktadır. Bu magmada az miktarda bulunan uçucu maddeler sıvı fazın korunmasını sağlamaktadır.

Kromitler nadiren Mg'ca zengin olivinler içinde özşekilli kristaller (oktaedrik) halinde bulunurlar. Olivinlerin oluşumu kromitlerden önce başlamaktadır. Bazı araştırmalara göre olivin oluşumu ile eriyiklerden kromit ayrılması arasında belirgin bir ilişki vardır. Olivin çok miktarda kristalleştiği safha aynı zamanda kromit ayrılmasının da en çok olduğu safha olmaktadır. Masiflerin taban kısımlarında büyük masif cevher birikimleri büyük çapta kromit ayrılımları olduğunu gösterir.

Sıvı magmadan ayrılımla (differansiyasyonla) oluşan yataklardan başka bir de likit enjeksiyon yatakları vardır. Bu cevherleşme kromitçe zenginleşen magmanın yan kayalar içine (yarık, çatlak, kırık vb. boşluklara) enjekte olmasıyla meydana gelir. Likit enjeksiyon

tipteki krom yataklarının tenörleri yüksek, fakat rezervleri azdır. Eskişehir Kavak cevherleşmesi bu tip bir yataktır.

Damla şeklindeki ayrılım neticesinde, küre şeklinde leopar cevherleri ve daha az olarak da bilezik ve kokard (rozet, düğme) cevherleri oluşur. Leopar cevheri nodüllü, benekli ve serpintili (Şekil 1.1) cevherlere geçişler gösterebilirler (DPT, 2001).



**Şekil 1.1.** Pozanti karsantı ofiyoliti içerisindeki krom yataklarında A, B: Nodüler, C: saçımlı ve D: bantlı kromit cevherlerinin görünümü (Tümüklü, 2005).

### 1.3. Krom Cevherinin Mineralojisi ve Kromit Yantaşları

Kromit minerali ve krom yatakları kökensel olarak ilişkili oldukları ultrabazik kayalar içinde bulunurlar. Ultrabazik kayacın (dunit, serpantinit) oluşturduğu hamura (gang) gömülü kromit kristalleri krom cevherini oluşturmaktadır. Ultrabazik hamur malzemesi içinde kromit kristallerinin ve/veya tanelerinin bulunuş yoğunluğu, sergiledikleri doku ve yapı özellikleri krom cevherinin masif, saçılmış (dissemine), nodüllü, orbiküler, bantlı, masif bantlı ve dissemine bantlı gibi nitelendirilmelerini sağlar. Mg, Cr, Fe, Al elementleri kromit mineralini oluşturan elementler olmakla birlikte, gang minerallerinden kaynaklanan silis de krom cevheri analizlerinin ayrılmaz bir parçasıdır (Hacıoğlu,2010). Bilinen krom mineralleri ve bunların özellikleri Tablo 1.3.'de verilmiştir.

Kromitteki gang minerallerin oranı %5-25 arasında değişir. Kromit cevherinin sıcaklığa dayanıklılığı, düşük sıcaklıkta (1.650 C°) ergiyen yantaşlarının miktarına ve türüne bağlıdır. Saf kromit (FeO.Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oksidasyon ve redüklenmeden dolayı, genellikle ergimeden dekompoze olur (Kıdıman,2009). Kromit minerali ile birlikte bulunan cevher, gang ve klavuz mineralleri Tablo 1.4.'de verilmiştir.

**Tablo 1.3.** Krom elementi içeren krom mineralleri ve özellikleri (Kıdıman,2009).

Mineral Adı	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Kristal Sistemi	Renk	Çizgi Rengi	Sertlik (Mohs)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Kromit	68	Kübik	Gri-Kahve	Koyu Kahve	5.5	4.1-4.9
Uvarovit	30.6	Kübik	Zümrüt Yeşili	-	7.5	3.4-3.5
Crocit	30.1	Monoklinik	Sarı-Kırmızı	Turuncu	2.5-3	5.9-6.1
Daubrejite	53.1	-	-	-	-	-
Dietzeite	15.3	Monoklinik	Altın Sarısı	-	3-4	3.7
Phoenicochroite	17.5	Ortorombik	Sarı-Kırmızı	Tuğla Kırmızısı	3	5.7
Belitle	17.3	Hexagonal	Sarı-Turuncu	-	2.5	5.5
Kemererit	-	-	Kırmızı-Pembe	-	-	-



**Tablo 1.4.** Kromit minerali ile birlikte bulunan cevher, gang ve klavuz mineralleri (Hacıoğlu, 2010).

Cevher Mineralleri	Gang Mineralleri	Klavuz Mineralleri
Manyetit	Oivin Grubu	Kemererit
Titanomanyetit	Piroksen Grubu	Uvarovit
Pirotin	Serpantin grubu	
Kalkopirit	Manyezit	
Pirit, İlmenit, Rutil	Talk	
Platin Grubu Metaller	Klor	

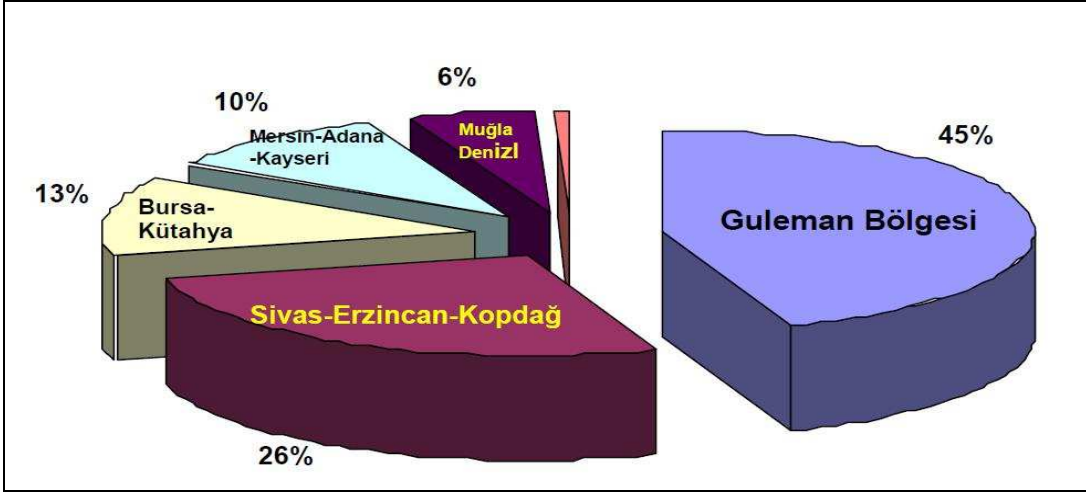
#### 1.4. Türkiye’ deki Krom Yatakları

Krom yataklarının içinde bulunduğu peridotit genel ismiyle anılan ultrabazik kayalar, Türkiye’de geniş alanlar kaplar. Türkiye’de krom yatakları belirgin bir dağılım düzeni göstermeksizin peridotitler içinde ülke geneline yayılmış durumdadır. Türkiye’de 1000 kadar tek veya grup halinde krom yatağı ve krom cevheri zuhuru bulunmaktadır. Coğrafik yönden krom yataklarının dağılımı 6 bölgede toplanabilir. Coğrafî yönden krom yataklarının dağılımını 6 bölgede toplamak mümkündür. Bunlar nispî önem sırasına göre şöyle verilebilir:

- 1- Guleman (Elazığ) yöresi
- 2- Fethiye-Köyceğiz-Denizli yöresi
- 3- Bursa-Kütahya-Eskişehir yöresi
- 4- Mersin-Adana-Kayseri yöresi
- 5- Sivas-Erzincan-Kopdağ yöresi
- 6- İskenderun-Kahramanmaraş yöresi

Bu altı bölgenin dışında da dağınık bazı krom yataklarının bulunduğu bilinmektedir (Can,2008). Türkiye’de krom rezervlerinin bölgelere göre dağılımı Şekil 1.2.’de verilmiştir.

Tunceli civarındaki krom yatakları yukarıdaki bölgelerden Sivas-Erzincan-Kopdağ yöresine yakındır. Bu bölgelerin çoğunda birçok yerbilimi ve çevre jeolojisi çalışmaları yapılmışken Tunceli civarındaki krom yatakları konusunda yayımlanmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.



Şekil 1.2. Türkiye krom rezervlerinin bölgelere göre dağılım oranları (Hacıoğlu,2010).

### 1.5. Dünyada Krom Rezervleri

2006 rakamlarıyla dünya krom cevheri rezervleri; satılabilir derecede cevher olarak (%45 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeren) 800.000.000 ton, rezerv bazlı olarak yaklaşık 2.500.000.000 ton olmak üzere toplamda yaklaşık olarak 12 milyar ton'dur. Dünya toplam krom rezervinin 12 milyar ton düzeyinde olduğu; krom metali (Cr) bazında dünyada bilinen 3.5 milyar ton dolayındaki tanımlanmış (toplam) rezervin %95'inin ise, coğrafi olarak Kazakistan ve Güney Afrika'da toplanmış olduğu bilinmektedir. Dünya kromit rezervleri Tablo 1.5.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Dünya krom yataklarının büyük bir bölümü stratiform tipte yataklardır. Dünya görünür krom rezervlerinde ise G.Afrika'nın payı %77 düzeyindedir (Hacıoğlu,2010).

Tablo 1.5. Dünya kromit rezervleri (Hacıoğlu, 2010).

Ülkeler	Rezerv (2005) (x1000ton)	Bazı Rezervler (2005) (x1000ton)
Gemiye yüklenebilir - %45 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeren		
A.B.D	110	120
Hindistan	25.000	57.000
Kazakistan	290.000	470.000
Güney Afrika	160.000	270.000
Türkiye	30.000	200.000
Finlandiya	60.000	120.000
Diğer Ülkeler	250.000	1.600.000
Dünya Toplamı	800.000	2.500.000

## 1.6. Kromun Kullanım Alanları

Krom cevherinin en önemli kullanım alanı başlıca metalürji, kimya, refrakter ve döküm sanayidir (Dağlı, 2004).

Kromium, kromit maden filizi cevherinden üretilir ki oksijenle karıştırılmış genel formülüyle  $FeO.Cr_2O_3$  ayrıca Mg ve Al çeşitleri içerir. %60-70'i alaşımlarda kullanılır. Paslanmaz çelik dahil Fe, Cr ve Ni içerir. Alaşım çelikler %10-26 krom içerir. Kromun yüksek ısıya dayanıklılık özelliği, sıcaklığa dayanıklı tuğla üretiminde, ocaklarda ve fırınlarda kullanımını mümkün kılmıştır. Takriben krom maden filizi cevherinin %15'lik bir bölümünde kimyasal endüstrilerde kullanılır. Örneğin; Krom şapı deri tabaklamada pigmentlerde ve odun korumasında kullanılır. (Sodyumdichromate). %4'te kromikasit'e dönüştürülmüş olarak paslanmayı önleyici kaplamada kullanılır (Dağlı, 2004).

**Metalürji sanayi;** Metalürji sanayiinde krom cevherinin en önemli kullanım alanı ferrokrom üretimidir. Ferrokrom ise paslanmaz çelik, metal ve silah sanayinin çok önemli bir maddesidir (Dağlı, 2004).

Krom çelik üretiminde kütük demir içine katılarak sağlamlığı, sertliği ve kimyasal bozunmaya ve aşınmaya karşı dayanıklılığı arttırarak yüksek çelik üretiminde kullanılmaktadır. Son yıllarda metalürji sanayinde kullanılan kromun yaklaşık % 95'i ferrokrom şeklindedir. Ferrokromun % 90'ı başlıca paslanmaz ve ısıya dirençli çelik yapımında kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler % 12-40 arasında krom içerir. Krom, çeliğe başlıca yüksek karbonlu ferrokrom şeklinde ilave edilir. Bu özelliği nedeniyle krom, savunma sanayinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir ve bu açıdan stratejik öneme sahiptir (Daş, Arık, 2012).

**Kimya Sanayi;** Çoğu krom kimyasalları, kimyasal kalitedeki krom cevherinden doğrudan elde edilen sodyum bikromattan üretilir. Sodyum bikromat, kromik anhidrit ve krom oksit en yaygın kullanılan krom kimyasallarıdır. Ticari olarak üretilen diğer tali bileşikler, kurşun kromat, bazik krom sülfat, sodyum kromat, potasyum bikromat, potasyum çinko kromat ve amonyum bikromattır.

Krom kimyasalları paslanmayı önleyici özellikleri nedeniyle uçak ve gemi sanayiinde yaygın olarak; kimya endüstrisinde de sodyum bikromat, kromik asit ve boya hammaddesi yapımında kullanılmaktadır.

Krom kimyasalları; metal kaplama, deri kaplama, boya maddeleri (pigment), seramikler, parlaticı gereçler, katalizör, boyalar, konserve kutulama, su işleme, temizleme, sondaj çamuru ve diğer birçok alanda tüketilir (Dağlı, 2004).

**Refrakter Sanayi;** Refrakter özellikteki krom cevheri, çelik üretiminde yüksek fırınlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek fırın yöntemiyle çelik üretiminin azalması, kromun refrakter amaçlı kullanımını da olumsuz yönde etkilemiştir. Krom cevherinin metalürji, kimya, refrakter ve döküm sanayiinde kullanımları ve bu alanlara göre tüketim oranları ayrıntılı olarak sadece Japonya, Fransa ve ABD için bilinmektedir. ABD’de yıldan yıla büyük değişiklik göstermekle birlikte son yılların ortalamasına göre toplam krom cevherinin %79’u metalürji sanayinde, %13’ü kimya sanayinde ve % 8’i refrakter sanayide kullanılmaktadır (Dağlı, 2004).

## **1.7. Krom İşletmeciliğinde Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri**

Toprak ve çevre bozulmasının karakteri, madencilik yapılan bölgenin tabiatına ve uygulanan madencilik metotlarına bağlıdır. Maden işletmelerinde çok çeşitli metotlar kullanılmasına rağmen, bu metotlar genel olarak iki ana başlık altında incelenmektedir (Ertuğrul,2010). İster kapalı ister açık işletme olsun üretilen kromun depolanması, krom pasalarının ve zenginleştirme tesislerinin artıklarının açık alanda gelişigüzel depolanması zamanla çevresel problemlere yol açmaktadır.

### **1.7.1. Açık Maden İşletmeleri**

Jeolojik yapı, röliyef ve su rejimindeki doğrudan değişiklikler açık maden işletmelerinde çok daha belirgindir. Bu tür işletmelerde çok miktarda toprak çıkarılarak dış kısma yığılır. Hafriyat yerlerini çoğu zaman su basar ve dışarıya yığılan topraklar çok geniş alanları kaplar. Aynı zamanda tarım ve orman alanları da engellenmiş olur.

Açık işletmelerin zararlı etkilerinin boyutu; jeolojik yapıya, hidrolojik özelliklere, ocak alanı ve derinliğine, mevcut toprak, bitki örtüsü ve iklim şartlarına bağlıdır. Dış kısımdaki yüksek yığınlar, toprak ve bitki örtüsünü önemli ölçüde bozarlar.

Yığınlarda toplanan kayaçlar bozulmaya fazlasıyla direnç gösterirler ve bitki örtüsüne zehirli bileşikler verebilirler. İşletme sonrası hafriyat yerleri, derinlikleri, eğimlerin dikliği ve kayalık olması, su erozyonu ve su basması gibi sebeplerden dolayı, bu alanların yeniden

kullanılmaları çok güçtür (Ertuğrul,2010). Şekil 1.3.'de açık maden ocaklarına örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Açık maden ocağı görüntüsü (Borand, 2012).

### 1.7.2. Yeraltı (Kapalı) Maden İşletmeleri

Açık işletmelere göre yeraltı maden işletmeciliği çok daha pahalı ve zor olmasına rağmen, madenin cinsine ve bulunduğu derinliğe bağlı olarak uygulanan bir metot olup, bu tür metotla da yapılan maden işletmeciliği büyük miktarlarda arazi bozulmalarına sebep olabilmektedir.

Yeraltı madenciliğinin çevre üzerindeki doğrudan değişiklikleri atık yığınları ve pasalarla olduğu gibi üretim ve işletme tesisleri tarafından da meydana gelmektedir. Röliyef, su rejimi ekolojik ve ekonomik şartlardaki en büyük bozulmalar çökmüş ocaklarda görülmektedir.

Bu tür maden işletmelerinde kayaçların birkaç metreye varan yatay veya dikey hareketleri meydana gelebilir. Bu durum ise, sel basması veya toprağın dağılmasına neden olur. Etkilenen maden alanları tümüyle iyileştirilemez hale gelerek kullanım değeri düşer. Toprak çöküntüleri ve kaymalar ayrıca hizmet binaları, yer altı ve yerüstündeki tesislerin tamamı için tehlike kaynağı oluştururlar (Ertuğrul,2010). Şekil 1.4.'de kapalı maden ocaklarına örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Kapalı maden ocağı görüntüsü (Borand, 2012).

### 1.7.3. Krom İşletme Pasalarının Çevresel Etkileri

Ultrabazik kayacın (dünit, serpantinit) oluşturduğu hamura (gang) gömülü kromit kristalleri ile birlikte bulunan gang minerallerinden olan asbest grubu minerallerin çevresel etkileri ise ayrıca sorun oluşturmaktadır. İster kapalı ister açık işletme olsun üretilen cevherin depolandığı açık alanlar ve zenginleştirme tesislerinin artıklarının (pasa ve zenginleştirme atıkları) depolandığı açık alanlarda asbestli kısımlar vardır. Özellikle açık alanda gelişigüzel depolanmış pasalarda zamanla alterasyonun etkisiyle serbestleşen asbest lifleri rüzgâr ve yağış etkisiyle toprağa, suya ve havaya karışır (Öztüfekçi Önal, 2010).

Asbest yüzyıllar boyu ve yaygın bir şekilde kullanıldığı halde, meydana getirdiği sağlık sorunları yirminci yüzyılın başında anlaşılmaya başlamıştır. Bunun sebebi, solunduktan sonra yaptığı hastalığın ortaya çıkması için 40 yılı aşan bir enkübasyon süresine gerek olması ve eski dönemlerde insanların şimdikinden çok kısa yaşamalarıdır (Barış vd., 2007; Tümer, 2012).

Asbest mineralleri Asbest, lifsi kristal yapısına sahip magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, demirmagnezyum silikat veya kompleks sodyum-demir silikat bileşimindeki mineral grubuna verilen isimdir. Mineralojik özelliklerine göre asbest iki gruba ayrılır:

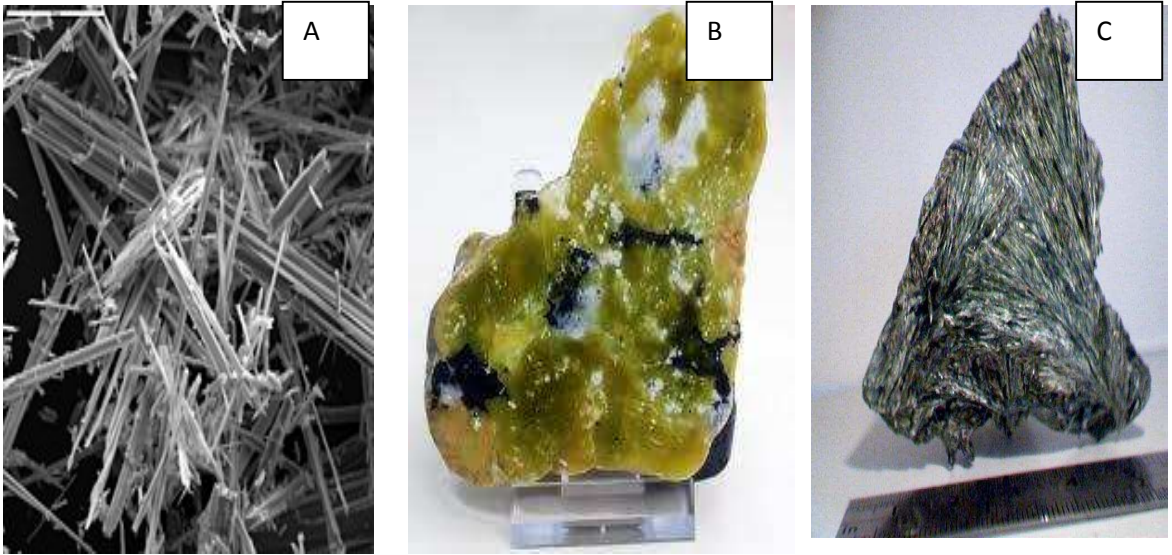
### Serpantin grubu asbest mineralleri:

Krizotil, Lizardit ve Antigorit mineralleridir (Şekil 1.5). Serpantin grubu mineraller, Fillosikatlar grubunda bulunmaktadır.

**Krizotil (Beyaz asbest):** Beyaz, lifsi yapıda, yumuşak ve ipeksi parlaklığındadır. Kimyasal formülü  $[Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8]$  şeklindedir. Monoklinik kristal sistemdedir. Sertlik 2.5 ve özgül ağırlığı 2.55'dir. Dilinimi, liflere paralel uzanımlıdır (MTA, 1975; Tümer, 2012)

**Lizardit:** Lizardit'in kimyasal formülü  $(Mg_6(OH)_8/Si_4O_{10})$ . Mükemmel dilinimlidir. Sarı, yeşil, yeşil mavi renk tonlarındadır.

**Antigorit:** Antigorit de lizardit ve krizotil gibi serpantin grubunu oluşturan üç polimorf minerallerden biridir. Yeşilin değişik tonlarında rengi bulunur ve genellikle balmumu parlaklığına sahiptir.



Şekil 1.5. Serpantin grubu asbest minerallerinin (A) Krizotil, (B) Lizardit ve (C) Antigorit görünümü (A:URL-1, 2013; B: URL-2, 2013; C: URL-3, 2013).

**Amfibol grubu asbest mineralleri:** Krokidolit (Mavi asbest), Ribekit Amozit, Tremolit (Beyaz amfibol), Aktinolit mineralleri bulunur (Şekil 1.6 ve Şekil 1.7). Amfibol mineralleri, İnosilikatlar grubunda bulunur.

**Krokidolit (Mavi asbest):** Lifsi yapıda olup, lifleri mavi renklidir. Liflere mavi rengi veren yüksek soda oranı ve ana kayaktan gelen demir bileşikleridir. Bazen içindeki demirin hava etkisiyle hematit ve limonite dönmesiyle kırmızı veya sarımsı lekeler ortaya

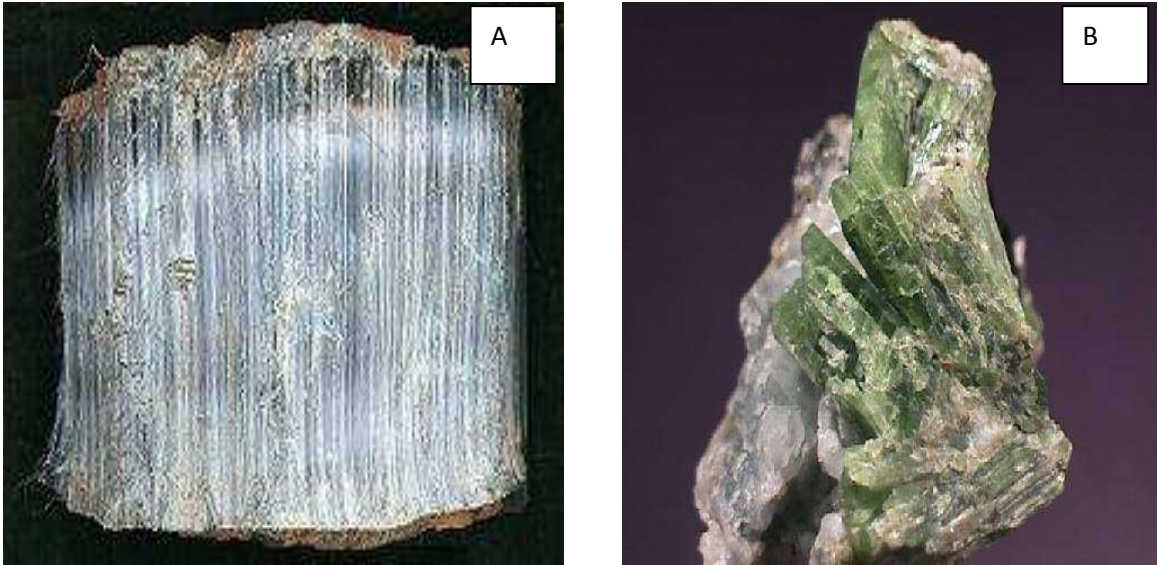
çıkabilmektedir. Krokidolit lifleri en çok 7.62 cm'dir (MTA, 1975; Tümer). Kimyasal formülü,  $[\text{Na}_2(\text{Fe}_3\text{O})_2(\text{Fe}_2\text{O})_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ .

**Tremolit (Beyaz amfibol):** İpeksi parlaklığında, lifsi ve lifler yumuşak ve tozlu, uzun ve kısa, sağlam ve zayıf olabilmektedir (MTA, 1975; Tümer, 2012). Kimyasal formülü;  $[\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ .

**Aktinolit:** Genellikle sütunsu yapıda olabilmekte, lifsi gevrek, parlak yeşil renkli, camsi ve ipek parlaklığındadır.  $[\text{Ca}_2(\text{MgFe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ .

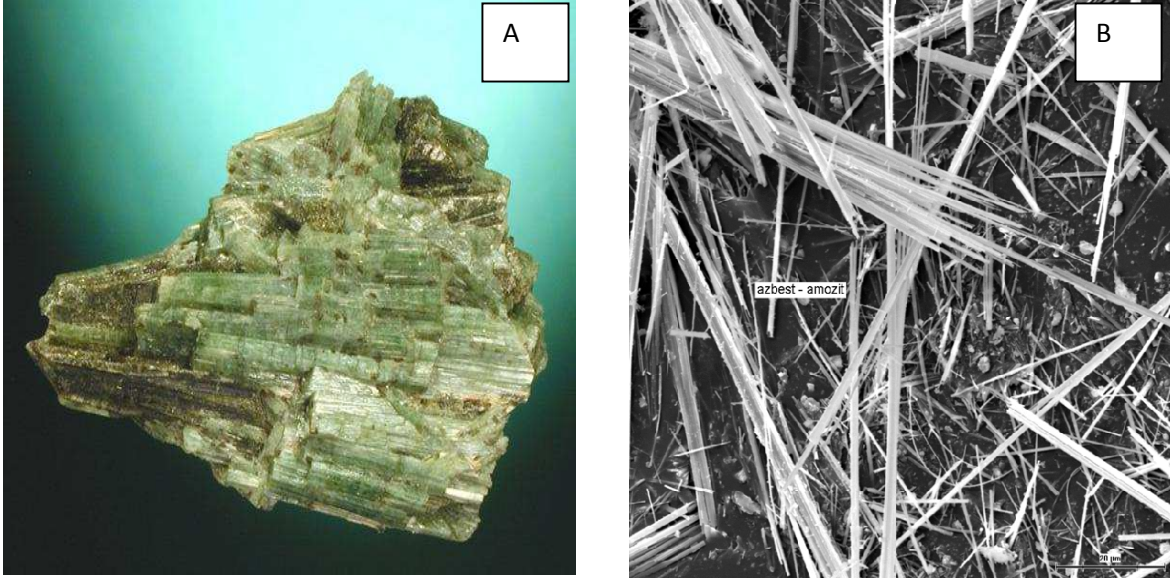
**Amozit (kahverengi):**  $[\text{Fe,Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$  lifsi yapıda olup, lif uzunluğu 1.27 ile 15.24 cm arasında, bazen de 30 cm'yi bulmaktadır (MTA, 1975; Tümer, 2012).

Asbest mineralleri bazik ve ultrabazik kayalarda çeşitli tenörlerde bulunur. Dunit ve serpantinlere bağlı krizotil asbest yataklarında işletme tenörü %3'e kadar inmektedir. Amfibol asbest yataklarında bu oran daha yüksek olup birçok yatakta kayacın %25'ini asbest lifleri oluşturmaktadır. Lifler kayaç içinde damarlar, bazen tabakalar halinde, çoğu zaman ise stokverk (ağsal) bir durumda ortaya çıkarlar (DPT, 2001; Tümer, 2012).



**Şekil 1.6.** Amfibol grubu asbest minerallerinin (A) Krokidolit ve (B) Tremolit görünümü (A:URL-4, 2013; B: URL-5).



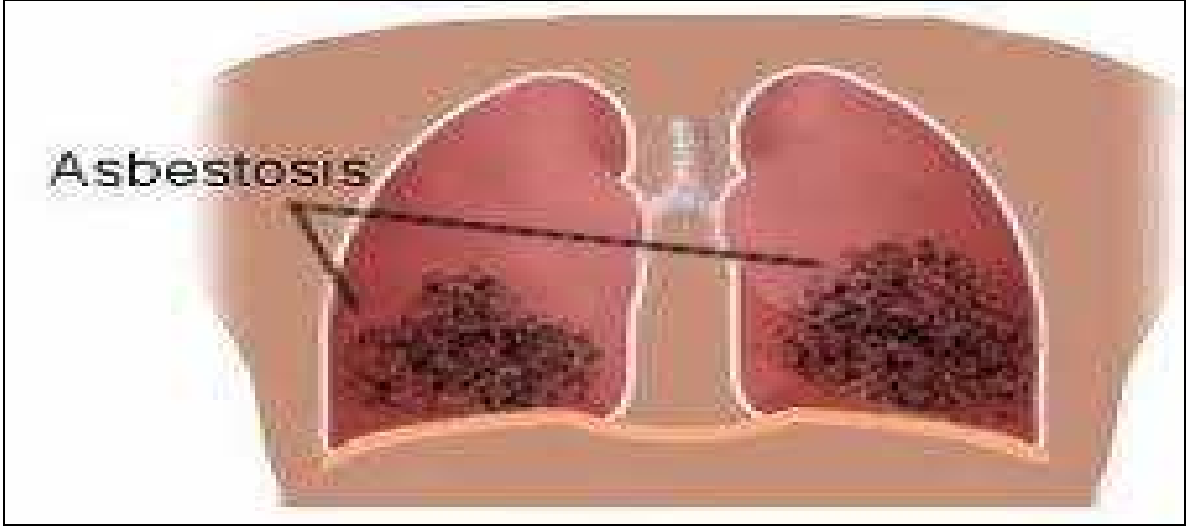


Şekil 1.7. Amfibol grubu asbest minerallerinin (A) Aktinolit ve (B) Amozit görünümü (A:URL-6, 2013; B: URL-7).

Sadece elektron mikroskobunda görülen serbest asbest lifleri son derece küçük ve ince olduklarından birçoğu alveoli adı verilen akciğerlerdeki hava kanallarına geçer. Bu lifler akciğerlere girince vücudun savunma mekanizması devreye girer ve lifleri parçalayarak vücuttan atmaya çalışır. Her lif ayrı bir kütle olarak (parmaktaki kıymık parçası gibi olan bu lifler) vücuda bir kez girdiklerinde hareket edebilirler. Bunun sebebi tam olarak anlaşılmamakla birlikte çok küçük ve keskin olmalarına ve dokudan kolayca geçebilmelerine bağlanmaktadır. Bünyemiz bunları atmaya ya da parçalamaya çalıştıkça, bu keskin liflerde iltihaplanmalar oluşmaya başlar. Tüm müdahalelere rağmen, birçok lif potansiyel hastalık oluşturuca ajan olarak akciğerlerde kalır. Bu iltihaplanmalar zamanla birçok değişik asbest hastalıklarının başlangıcını oluşturur. Savunma sistemimiz akciğerlerimize giren asbest liflerini bir protein tabakasıyla kaplayarak yabancı kütleler oluşturur. Bu kütlelere asbest kütleleri denir (Barış, vd., 1987; Tümer, 2012).

Asbestin neden olduğu hastalıklardan birinci gruba girenler; plevradafibrosis, kalsifikasyon, effüzyon, akciğer parankamasında fibrosis (asbestosis); ikinci gruba girenler ise plevra ve peritonun malign mesotelyomaları, akciğer kanserleri ve sindirim organları kanserleridir (Barış, 1987; 2003a; Tümer, 2012). Bunlardan en tehlikeli olan ise “Mezotelyoma” veya “Akciğer Kanseri” ölüme neden olabilirken diğerleri genellikle vücutta semptomlar ya da yetmezlikler oluşturur. Asbestten kaynaklanan asbestosis hastalığı (mezotelyoma), tam olarak anlaşılmamakla birlikte, akciğere girmiş olan asbest

liflerinin burayı tahriş etmesi ve iltihaplandırması sonucu oluşur (Şekil 1.8). Akciğerlerde meydana gelen yara ve kalınlaşma, kan hücreleri ve alveoliler arasındaki oksijen ve karbondioksit alış verişini engeller. Sonuç olarak akciğerler eskisi kadar iyi çalışamaz hale gelir. Sadece X-ışınlarıyla tespit edilebilen bu hastalığa yakalanan kişilerin akciğer kanseri ve mezotelyoma olabilme riskleri yüksektir (Atabey, 2005; Tümer, 2012).



Şekil 1.8. Akciğere Yerleşmiş Asbestosis (URL-8, 2013).

### 1.8. İnceleme Alanının Coğrafi Durumu

Hasangazi, Tunceli'nin yaklaşık 70 km kuzey doğusunda, Pülümür İlçesi'nin yaklaşık 8 km kuzeydoğusunda, 1/ 25.000 ölçekli J43 b2 paftasının kuzeydoğusunda ve J44 a1 paftasının kuzeybatısında yer almaktadır. Yöre oldukça engebeli bir topografyaya sahiptir ve 1600 ile 1950 metre arasında rakımlara sahip pek çok yükseltiler bulunmaktadır. Bölge Pülümür Çayının beslenme alanı içerisinde olup, Dikilitaş, Göçenek, Çukurtarla ve Hasangazi dereleri bulunmaktadır. Sahaya en yakın yerleşim yerleri kuşbakışı olarak; 2.3 km mesafede güney yönünde Hasangazi Köyü, 1.3 km mesafede güneybatı yönünde Göçenek Köyü ve 2.9 km mesafede güneybatı yönünde Hacılı Köyü'dür. Yıllık ortalama yağış miktarı 1000 mm'dir. Ortalama nispi nem % 0.7-6.6 arasında değişmektedir. Bölgede Thorntwaite iklim sınıflandırma yöntemine göre, orta derecede sıcak, yazın su açığının fazla olduğu, orta derecede bir karasal iklim özelliği görülmektedir. Bölgenin topoğrafik yapısı dağlık ve engebeli olup, çayır-mera ve orman alanları geniş, tarım alanları ise dardır. Bu nedenle hayvancılık ve arıcılık ekonominin temelini oluşturmaktadır.

Tarım arazilerinin küçük parçalar halinde ve fazla meyilli oluşu makineli modern tarımın tam olarak uygulanmasını kısıtlamaktadır (Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2011).

### **1.9. İnceleme Alanı ve Civarındaki Öncel Çalışmalar**

Altınlı (1961), Tunceli bölgesinin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır. Ana jeolojik birimlerin alansal dağılımı konusunda faydalı bilgiler sunmuştur.

Afsar (1965) Tunceli-Bingöl bölgesinin jeolojisini incelediği çalışmasında; Bölgede yüzeylenen en eski kayaların Alt Permien-Üst Permien yaşlı metasedimanlar ve kalkerler olduğunu, bunların üstüne Alt ve Üst Kretase yaşlı fliş çökellerinin diskordan olarak bulunduğunu belirtmiştir. Senozoik formasyonların ise lav akıntıları ve piroklastiklerle başladığını, üst kısımlarda fosilli fliş sedimanlarına geçtiğini, Miyosen ve sonraki dönemlerde ise hem volkanik hem sedimenter kayaların bulunduğunu açıklamıştır.

Armaç (2006) Tunceli ve yakın çevresinin jeolojik ve jeoteknik değerlendirmesini yaptığı çalışmasında; Kendi çalışma sahasını içeren bölgenin temel kaya türünün yaşlıdan gence; başkalaşım kayaları, tortul kayalar ve güncel (toprak) çökellerden oluştuğunu, Munzur havzasının temel kaya türünün ise yaşlıdan gence; Triyas yerleşim yaşlı karmaşığın başkalaşım kayaları, Kretase yerleşim yaşlı karmaşığın kırıntılı tortul kayaları, Eosen yaşlı püskürük ve kırıntılı tortul kayalar ile Pliyo- Kuvaterner yaşlı travertenler olduğunu, güncel çökellerin başında ise akarsu çökelleri ve yamaç örtülerinin geldiğini belirtmiştir. Çalışma alanını içeren bölgenin hem Doğu Anadolu'nun hem de Kuzey Anadolu Faylarının olumsuz etkisi altında olduğunu ve ancak bu olumsuz etkinin sadece ve sadece ova (toprak) zeminler için geçerli olduğunu belirtmiştir. Munzur ve Pülümür Nehirleri üzerinde yapılacak barajlar ile ovaya taşınacak kentin sulu toprak zemin nedeniyle oluşacak depremlerde yok olacağını açıklamıştır.

Öner (2007) Tunceli ilinin afet tehlike ve risklerini incelediği çalışmasında; Tunceli ilinin ilçeleriyle beraber bugüne kadar karşılaştığı afet örneklerini tarihsel süreç içinde incelemiştir. İlin, diğer komşularıyla olan ilişkileri çerçevesinde karşı karşıya kalabileceği doğa olaylarının afete dönüşme risklerini açıklamıştır ve ildeki mevcut birikimlerin afet sürecinde farklı yönere kaydırılarak kullanılabilceğini, kimi zaman risk oluşturabileceğini açıklamıştır.

Aksakal vd. (2003) Kolonkaya (Pertek-Tunceli) yöresi bakırlı damarların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerini incelediği çalışmasında; Kolonkaya cevherleşmelerinin Geç Kretase (Senoniyen) yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait diyoritik kayalar içerisinde, kırık zonlarına yerleşmiş damarlar halinde bulunduğunu, damarlar ve çevresinde killeşme, karbonatlaşma ve limonitleşme gibi yaygın alterasyonların izlendiğini, damarların cevher minerallerinin pirit, kalkopirit, fahlers, kovellin-kalozin, tetrahedrit-tennantit ve kübanit olduğunu ve gang minerallerinin ise barit, kalsit, kuvars ve kaolen olduğunu belirtmişlerdir. Kolonkaya cevherleşmelerinin, Geç Kretase sonu-Paleosen başında bölgeye yerleşen granitik intrüzyondan kaynaklanan hidrotermal çözeltilerin, diyoritik kayalar içerisindeki kırıkları doldurması sonucunda oluşmuş damar tipi cevherleşmeler olduğunu ve cevherleşmelerin görünen haliyle ekonomik özelliklere sahip olmadığını açıklamışlardır.

Çimen vd. (2012) Uzunçayır Barajını (Tunceli) besleyen Munzur ve Pülümür Çayları sedimanlarının jeokimyasal özelliklerini ve su kimyasındaki olası etkilerini incelediği çalışmasında; Uzunçayır Barajının Munzur ve Pülümür Çayları ile beslendiğini, bu iki çayın geçtiği alanlarda Paleozoyik metamorfikler, serpantinleşmiş Üst Kretase kromitli ultramafikler ile diğer ofiyolitik birimler ve kireçtaşları, Oligo-Miosen fliş çökelleri ve Geç Miyosen volkaniklerle ara katkılı piroklastik ve gölsel çökeller bulunduğunu belirtmişlerdir. Munzur ve Pülümür Çayları taban çökelinden yapılan örneklemelerde; Munzur Çayı için Cr, Ni, Co, Cs, W, Pb, As, Sb, Au, Hg elementlerinde, Pülümür Çayı için ise Cr, Ni, Co, W, As elementlerinde değişik oranlarda zenginleşmeler olduğunu, taban sedimanlarındaki bu elementlerin ofiyolitik birimler ve cevherleşme ürünleri olmak üzere iki farklı ana kaya etkisine işaret edebileceğini açıklamışlardır.

Yılmaz (2003), Tunceli ve çevresini de çalışarak depremsellik açısından kuşaklama yapmıştır. Bu çalışmada; Pülümür, Munzur ve diğer ovaların dışında kalan kaya zemin üzerinde/içerisinde deprem tehlikesinin olmadığını bilimsel veriler ışığında açıklamaktadır. Bu bağlamda, Tunceli'nin kayadan Uzunçayır ovasına indirilmesine bilimsel veriler ışığında karşı koymuştur.

## **2. MATERYAL ve METOT**

Bu tezin konusunu oluşturan Hasangazi krom işletmesinin olası çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla, söz konusu işletme'nin mevcut durumu belirlenmiş, işletme ve civarının jeolojik haritası hazırlanmış, cevher ve yan kayacının mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri ortaya çıkarılmış, işletme alanı ve çevresinden yağışlı ve kurak dönemde drene olan sularda arazide fiziksel parametreler belirlenmiş, analizler için işletme pasası, dere sedimanı, bahçe toprağı ve su örnekleri alınmıştır. İşletme pasası, dere sedimanı ve bahçe toprağının mineralojik ve kimyasal analizleri, su örneklerinin ise kimyasal analizleri yapılmıştır. Bu alışmalar esnasında kullanılan materyal ve çalışma metodları aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

### **2.1. Jeolojik alışmalar**

Tunceli kuzeydoğusunda yer alan inceleme alanının 1/25000 lekli Jeoloji haritası MTA Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek incelenmiş ve 2011 yılı Haziran ayında yapılan arazi çalışmalarında, Hasangazi krom işletmesi ve civarındaki jeolojik birimlerin sınırları topoğrafya haritasına aktarılmıştır. Arazide çizilen jeolojik harita daha sonraki süreçte bilgisayar ortamına aktarılarak işletme sahası ve yakın civarının jeolojik haritası hazırlanmıştır. Arazi alışmaları sürecinde aynı zamanda cevherleşmelerin yüzeylendiği alanlarda cevher ve onu içerisinde bulunduran yan kayacından mineralojik-petrografik çalışmalar için örnekler alınmıştır.

### **2.2. Cevher ve Yan Kayacında Yapılan alışmalar**

Hasangazi krom ocağında işletmeye esas olan kromit mineralinin ve kromitle birlikte bulunan diğer minerallerin (gang mineralleri) mikroskobik ölçekte özelliklerinin belirlenmesi amacıyla işletme sahasının farklı alanlarından alınan kromit rnekleri Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) laboratuvarında parlak kesit yapılmıştır. Cevher yan kayacının mikroskobik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ise farklı litolojilerden alınan kayaç örneklerinden ise yine ODTÜ laboratuvarında petrografik ince kesitler hazırlanmıştır.

Cevher ve yan kayaç parlak ve ince kesitleri Tunceli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Optik Mineraloji laboratuvarındaki Leica 7500P marka-modeldeki kameralı araştırma mikroskobunda incelenmiştir. Cevher ve yan kayaç minerallerinin ayrı ayrı optik mikroskopik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan mikroskopik çalışmalar sonucunda yan kayaçların mineralojik ve dokusal özellikleri belirlenmiş ve mikro fotoğrafları çekilmiştir.

Mikroskopik çalışmalara ilave olarak, cevher ve yan kaya minerallerinin kimyasal bileşimini, dolayısıyla mineral türünü belirlemek amacıyla hem cevherden hem de cevherin içinde bulunduğu yan kayadaki minerallerde elektron probe mikro analiz (EPMA) çalışmaları yapılmıştır. EPMA çalışmaları ODTÜ Merkez Laboratuvarındaki, Elektron Mikroskopi Laboratuvarında (EML) gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarından elde edilen oksitlerin katyon hesapları yapılarak, minerallerin türü ortaya çıkarılmıştır.

### **2.3. İşletme Pasası, Bahçe Toprağı ve Dere Sedimentlerinde Yapılan Çalışmalar**

Hasangazi kromit cevherleşmelerinin bulunduğu alandaki iki ocaktan çıkarılan pasa yığınının özelliğinin belirlenmesi amacıyla 2011 yılı Haziran ayında 3 (üç) adet örnekleme yapılmıştır. Örnekleme noktalarında pasa örneği alımı için yüzeyden itibaren yaklaşık 15 cm'lik (santimetre) kısım sıyrılarak temizlenmiş ve bu zonun altından 1 kg'a (kilogram) yakın örnek alınmıştır. 2011 Haziran ayında 6 (altı) ve 2011 Ekim ayında 6 (altı) olmak üzere toplam 12 adet dere sediment örnekleme yapılmıştır. Örnekleme, işletme sahasından drene olan Dikilitaş derenin doğu ve batı kolundaki dere sedimentlerinden mabadan mansaba doğru ve Dikilitaş derenin Hasangazi dereye kavuştuğu noktadan yapılmıştır. İşletme sahası ve dışındaki örnekleme noktaları ise Şekil 2.1.'de verilmiştir. Dere sedimentlerinden örnek alımı esnasında ise sedimentin üst zonu sıyrılmış ve alt kısmından örnekleme yapılmıştır. İşletme sahasındaki örneklerin işletme sahası dışında ocak etkisinin olmadığı örneklerle karşılaştırılarak kirliliğin boyutunun belirlenmesi amacıyla ise, Hasangazi Mahallesinin hemen üstündeki bahçe toprağından ve Hasangazi mahallesinin güney batısındaki Hasangazi dere sedimentinden de örnekleme yapılmıştır. Bahçe toprağından örnekleme yapılırken üstteki bitkisel toprak sıyrılarak kaldırılmış ve bitkisel toprağın altındaki zondan örnek alınmıştır.

Laboratuara getirilen pasa, toprak ve dere sedimanlarına ait örnekler oda sıcaklığında kurutulmuş, 2 mm'lik (milimetre) elekten geçirildikten sonra homojenliği sağlamak için çeyrekleme yöntemiyle azaltılmıştır. Haziran ayında yapılan örnekleme HT-H ile Ekim

ayındaki örnekleme ise HT-E kodları ile numaralandırılarak mineralojik ve kimyasal analizleri için ayrı ayrı paketlenmiştir.

**Sediment örneklerinden;** Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan örnek HT-H1, Dikilitaş deresi batı kolundan alınan örnek HT-H3/HT-E1, Dikilitaş dere batı ve doğu kolu birleşim noktasından alınan örnek HT-H4/HT-E3, Dikilitaş dere doğu kolundan alınan örnek HT-H5/HT-E5, Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağından alınan örnek HT-H8/HT-E8, Hasangazi deresinden alınan örnek HT-H10/HT-E6 ve Dikilitaş Deresi ile Hasangazi deresi birleşim noktasından alınan örnek ise HT-E7 kodu ile numaralandırılmıştır.

**Pasa örneklerinden;** Dikilitaş Deresinin bulunduğu alandaki 2 Nolu işletme pasasından alınan örnek HT-H2, Dikilitaş deresinin doğusunda yer alan ve Hasangazi Köyüne yakın olan 1 Nolu işletmenin cevher stoğunun bulunduğu alandan alınan örnek HT-H6, 1 Nolu işletme pasasından alınan örnek ise HT-H7 kodu ile numaralandırılmıştır.

**Toprak örneği ise,** HT-H9/HT-E9 kodu ile numaralandırılmıştır.

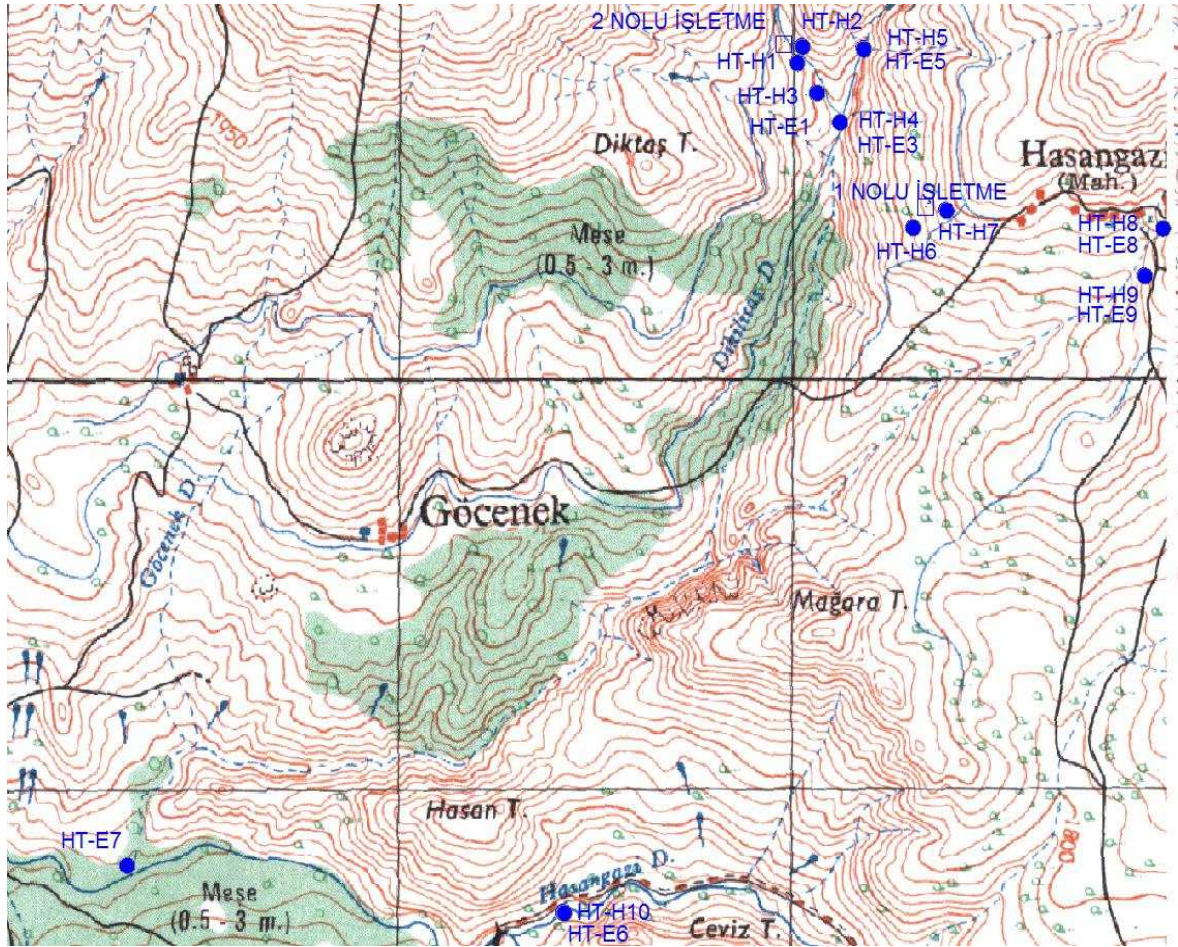
İşletmenin bulunduğu alanda, açık işletme sonucu oluşan pasaların söz konusu alandaki toprak ve su sistemine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla; 2011 yılı yağışlı dönemin ardından haziran ayında işletme sahasından 4 dere sedimenti (HT-H1, HT-H3, HT-H4 ve HT-H5) ve 3 pasa örneği (HT-H2, HT-H6 ve HT-H7), işletme sahası dışında ocak etkisinin var olup olmadığının belirlenmesi amacıyla ise Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağından ve hemen bitişiğindeki bahçe toprağından 2 adet (HT- H8 ve HT-H9) ve Hasangazi dere sedimentinden 1 adet (HT-H10) olmak üzere toplam 10 adet örnek alınmıştır.

2011 yılı kurak dönemin ardından ekim ayında ise işletme sahasından 3 adet (HT-E1, HT-E3 ve HT-E5) ve işletme sahasını drene eden Dikilitaş Deresinin Hasangazi deresine karıştıktan sonra 1 adet (HT-E7) ve işletme sahası dışında ocak etkisinin var olup olmadığının belirlenmesi amacıyla ise Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağından ve hemen bitişiğindeki bahçe toprağından 2 adet (HT- E8 ve HT-E9) ve Hasangazi dere sedimentinden 1 adet (HT-E6) olmak üzere toplam 7 adet örnek alınmıştır.

Haziran ayında alınan örneklerden 7 tanesi, Ekim ayında alınan örneklerin ise 5 tanesi ODTÜ X-Işını Difraksiyon Laboratuvarı (XRDL)'nda agat havanda öğütülmüş ve Rigaku Ultima-IV X-Işını Kırınım Cihazı (XRD) kullanılarak analiz edilmiştir. XRD

analizlerinden elde edilen kırınım difraktogramlarının çözümlemesi sonucunda ise pasa, dere sedimenti ve bahçe toprağının mineralojik bileşimi belirlenmiştir.

Pasa, toprak ve dere sedimentlerine ait örneklerin kimyasal analizleri ise Kanada-ACME Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Kimyasal analiz için gönderilen pasa, toprak ve sediment örnekleri öğütme kaynaklı kirlenmenin olmaması için agat değirmende öğütülmüş, 80 mesh (177mikron)'lik elekte elenerek 0.2 gr örnek alınmıştır. Örnek lithium metaborate/tetraborat'da eritilerek nitrik asit ile sulandırılarak çözeltiye alınmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Çözelti 4A+4B grup analizi olarak, her bir örneğin toplam ana oksitleri ICP-ES de ve iz elementleri ICP-MS'de analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ana oksitler % olarak, iz elementler ise ppm/ppb (part per million/parts per billion) olarak verilmiştir. Ana oksitlere ait deteksiyon limitleri; SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO için % 0.01; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> için % 0.002'dir. LOI için deteksiyon limiti % -5.1'dir.



Şekil 2.1. İşletme sahası ve civarından alınan pasa, sedimen ve toprak örnekleme noktaları



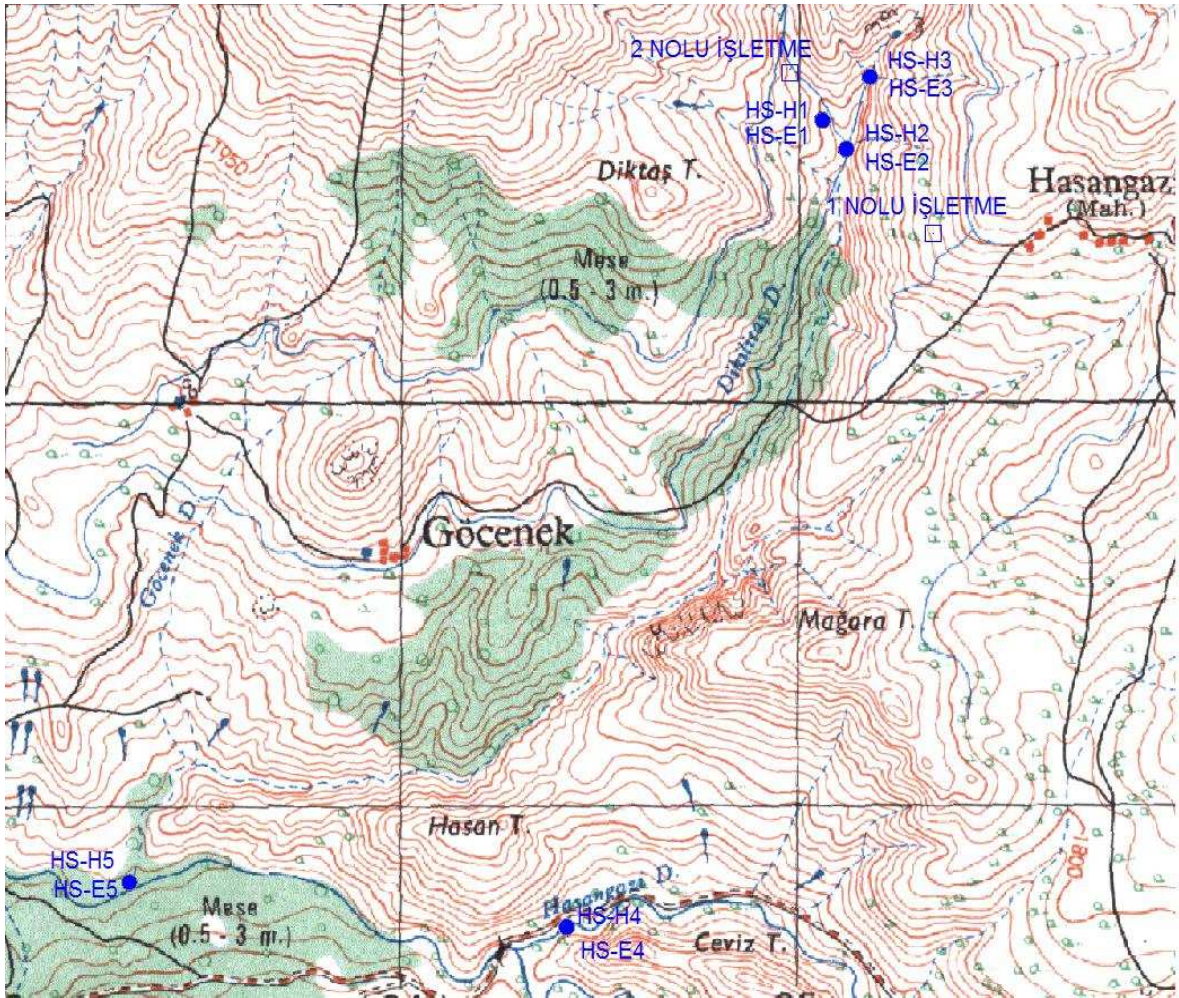
İz elementlere ait deteksiyon limitleri; Tb, Tm, Lu, Hg için 0.01 ppm; Pr, Eu, Ho için 0.02 ppm; Er için 0.03 ppm; Sm, Gd, Dy, Yb için 0.05 ppm; Cs, Hf, Nb, Rb, Ta, U, Zr, Y, La, Ce, Mo, Cu, Pb, Ni, Cd, Sb, Bi, Ag, Tl için 0.1 ppm; Co, Th, için 0.2 ppm; Nd için 0.3 ppm; Ga, Sr, W, As, Se için 0.5 ppm; Au için 0.5 ppb; Sc, Ba, Be, Sn, Zn için 1 ppm; V için 8 ppm'dir.

#### **2.4. Su Örnekleme Noktalarında Yapılan Arazi Ölçümleri ve Laboratuvar Analizleri**

Su kirliliğinin araştırılması için saha içerisindeki Dikilitaş dere suyundan, Dikilitaş derenin Hasangazi deresine döküldüğü alandaki noktadan ve Hasangazi deresinden (krom ocağından gelen Dikilitaş derenin etkisinin olmadığı mansap kısmından) ve kurak dönemi temsil eden 2011 yılı Ekim ayında 5 (beş) ve yağışlı dönemi temsil eden 2012 yılı Haziran ayında 5 (beş) noktadan kimyasal analiz için su örnekleri alınmıştır. Kimyasal analizler (ana, eser elementler ve anyon analizleri) için alınan örnekler arazide 0.45 µm'lik filtreden geçirilerek, alınacak örnek ile üç kez durulanmış olan vida kapaklı 100 ml'lik polietilen örnek kaplarına alınmış ve suyun üzerine pH<2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilerek kabın ağzı sıkıca kapatılmıştır. Anyon analizleri için ise 0.45 µm'lik (mikrometre) filtreden geçirilen su örnekleri, alınacak örnek ile üç kez durulanmış olan vida kapaklı 500 ml'lik polietilen örnek kaplarına alınmış ve ağzı sıkıca kapatılarak aynı gün analiz için Kanada-ACME laboratuvarına gönderilmiştir. Haziran ayı su örnekleri HS-H olarak, Ekim ayı örnekleri ise HS-E kodu verilerek numaralandırılmıştır. Dikilitaş dere batı kolundan alınan örnek HS-E1/HS-H1, Dikilitaş deresi batı ve doğu kolu birleşim noktasından alınan örnek HS-E2/HS-H2, Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan örnek HS-E3/HS-H3, Dikilitaş deresinin Hasangazi deresi ile birleşme noktasından alınan örnek HS-E4/HS-H4 ve Hasangazi deresinden alınan örnek ise HS-E5/HS-H5 kodu ile numaralandırılmıştır.

Analiz sonucunda iz elementler ve ana katyonlar ppb/ppm olarak verilmiştir. İz elementlere ait deteksiyon limitleri; Ce, Cs, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, In, La, Lu, Nb, Nd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Sr, Tb, Tl, Tm, Y, Yb için 0.01 ppb; Co, Hf, Sm, Ta, U, W, Zr için 0.02 ppb, Ag, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Ga, Ge, Ru, Sb, Sn, Te, Th için 0.05 ppb; Cu, Hg, Li, Mo, Pb için 0.1 ppb; Ni, Pd, V için 0.2 ppb; As, Cr, Se, Zn için 0.5 ppb; Cl, S için 1 ppm, Sc için 1 ppb; B, Br için 5 ppb; P, Ti için 10 ppb; Si için 40 ppb'dir. Ana katyonlara ait deteksiyon limitleri; Ca, K, Mg, Mn için 0.05 ppm; Na için 50 ppb; Al için 1 ppb'dir.

Kurak dönemi temsil eden 2011 Ekim ayında ve yağışlı dönemi temsil eden 2012 Haziran ayında, kimyasal analiz için alınan su örnekleri ile aynı noktalardan, sıcaklık, pH, iletkenlik, tuzluluk ve oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) değerleri arazide anlık olarak ölçülmüştür. İşletme sahası ve dışındaki örnekleme noktaları Şekil 2.2.'de verilmiştir. Arazide suyun; pH, ORP ve sıcaklık ölçümlerinde Crison marka pH 25 model, iletkenlik ve tuzluluk ölçümlerinde ise Crison marka CM 35 model portatif ölçüm cihazları kullanılmıştır. pH 25 / CM 35 cihazları her örnek noktası öncesi kalibre edilerek ölçümlerin hassas olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca, her ölçüm sonrası problar saf suyla yıkanarak temizlenmiştir. Ölçüm sonuçları bulgular bölümünde sunulmuştur.



Şekil 2.2. Su örnekleme noktaları



**Şekil 2.3.** 2012 yılı Haziran ayında HS-H2 nolu örnek noktasında arazide yapılan ölçüm

## **2.5. İstatistiksel Analizler ve Hesaplamalar**

İstatistiksel analizlerde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 17.0 paket programı kullanılmıştır. Verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotlar (Ortalama, Standart sapma) kullanılmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında Man Whitney U testi kullanılmıştır. Korelasyon analizinde spearman korelasyon testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular %95 güven aralığında, %5 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Tunceli İli Krom Yatakları

Tunceli metalik madenler (Cr, Cu, Au vs.) ve endüstriyel hammaddeler (kireçtaşı, jips, tuzlalar, tuğla kremite toprakları vs.) açısından önemli yer altı ve yerüstü zenginliklerine sahiptir. Özellikle coğrafik olarak ilin kuzey kısımlarında Pülümür ve Ovacık ilçeleri sınırları içerisinde krom mineralleşmelerinin varlığı bilinmektedir. Bu mineralleşmelerden özellikle Pülümür İlçesi civarında olanlar irili ufaklı birçok ocak zaman zaman işletilmiştir. En yakın geçmişte işletilmiş ve bugün faaliyeti durdurulmuş olan Hasangazi (Pülümür) ve halen işletilmekte olan Karagöz (Pülümür) ocakları bu işletmeler içerisinde en büyük boyutlu olanlardır.

İşletilmiş ve işletilmekte olan ocakların tümünde açık işletme yöntemi ile cevher alınmakta, cevher ile birlikte çıkarılan pasalar ise işletilen alanın en yakınındaki dere yamaçlarına boşaltılmaktadır. İşletilen yatakların çoğunda yüzeylemiş kromit mercekleri takip edilerek cevherli zonlar alınmakta, detaylı arama faaliyetleri yapılmamaktadır. Faaliyete son verilmiş veya faaliyetleri durdurulmuş işletmelerde ise hiçbir iyileştirme çalışması yapılmamakta ve pasa yığınları mevcut haliyle terk edilmektedir. İlde bugüne kadar faaliyet gösteren işletmelerin bulunduğu alanlar, faaliyetleri ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) karar tarihleri ile ilgili bilgiler Tablo 3.1’de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Tunceli ili krom oluşumları ve işletmelerin mevcut durumu (Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü).

	İşletmenin Adı	Mevkii	ÇED Tarihi	Mevcut Durumu
1	Dinç Mad. ve Paz. Ltd. Şti.	Tunceli İli Pülümür İlçesi Hasangazi Köyü	Haziran 2008	Faaliyet yok
2	Atilla KİŞİOĞLU	Tunceli İli Pülümür İlçesi Dereboyu Köyü	Mart 2008	Faaliyet var
3	Üzümlü İpekyolu Akar. Oto İnş. Turz. Gıda Mad. San. ve Paz. A.Ş.	Tunceli İli Pülümür İlçesi Kaymaztepe Köyü	Mart 2008	Faaliyet yok

Tablo 3.1'in devamı

4	Üzümlü İpekyolu Akar. Oto İnş. Turz. Gıda Mad. San. ve Paz. A.Ş.	Tunceli İli Pülümür İlçesi Gölgeli Köyü	Nisan 2008	Faaliyet yok
5	Erkan MERİÇLİ	Tunceli İli Pülümür İlçesi Düzyayla Mevkii	Ağustos 2008	Faaliyet yok
6	Dinç Mad. ve Paz. Ltd. Şti.	Tunceli İli Pülümür İlçesi Işıkvuran Köyü	Eylül 2008	Faaliyet yok
7	Atilla KIŞIOĞLU	Tunceli İli Pülümür İlçesi Karagöz Köyü	Kasım 2009	Faaliyet var
8	Erz Mad. Harf. Nak. İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Tunceli İli Pülümür İlçesi Bağırpaşa Mevkii	Muaf	Faaliyet var
9	Özdemir Madencilik	Tunceli İli Ovacık İlçesi, Işıkvuran Köyü	Temmuz 2003	Faaliyet yok
10	Besler İnş. Tur. Mad. San. Tic. Ltd. Şti.	Tunceli İli Ovacık İlçesi Işıkvuran Köyü	Ağustos 2003	Faaliyet yok
11	Gama Madencilik Nakliye Sanayi ve Dış Ticaret Ltd. Şti.	Tunceli İli Ovacık İlçesi Kızılcayır Köyü	Mayıs 2011	Faaliyet var
12	Gama Madencilik Nakliye Sanayi ve Dış Ticaret Ltd. Şti.	Tunceli İli Ovacık İlçesi Eskigedik Köyü	Mayıs 2011	Faaliyet var
13	Gündoğdu İnş. Taah. Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Tunceli İli Mazgirt İlçesi Oymadal Köyü	Muaf	Faaliyet var

### 3.2. Hasangazi Krom İşletmesi

Tunceli İli Pülümür İlçesi Hasangazi köyünün KB'sında bulunan Hasangazi krom ocağı, Dinç Mad. ve Paz. Ltd. Şti. tarafından işletilmiştir. Proje; kapasitesi, kapladığı alan vb. durumları göz önüne alınarak 16 Aralık 2003 tarih ve 25318 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED)”, “Seçme Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler” (Ek-II) listesi Madde 42 (a)'da yer aldığından, Hasangazi Krom Ocağına ait Proje Tanıtım Dosyası, aynı Yönetmeliğin Ek-IV'te belirtilen seçme eleme kriterleri dikkate alınarak Ercüment Bulut Serbest Mühendislik tarafından hazırlanmıştır. Buna istinaden projeye Çevre ve Şehircilik İl

Müdürlüğü tarafından aynı Yönetmeliğin 17. Maddesi gereğince 27.06.2008 tarihli ve 2008/06 Karar Nolu “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” kararı verilmiştir. Karar alındıktan sonra işletme sahibi tarafından faaliyete başlanmıştır.

“Ercüment Bulut Serbest Mühendislik” tarafından hazırlanan Proje Tanıtım Dosyasında;- 24 hektar çalışma alanı ve 0.2 hektar stok ve dekapaj sahası olmak üzere toplam 24.2 hektar alan üzerinde faaliyet yapılacağı,

- İşletme alanında; jeolojik yapı itibarıyla 5261 m<sup>3</sup> rezerv olduğu, sahanın ekonomik ömrünün yaklaşık iki yıl olduğu ve 5000 ton/yıl kapasite ile çalışılacağı,

- İşletme alanında; üretimin açık maden işletmeciliği yöntemi ile; örtü tabakasının alınması, ekskavatör ile malzemenin çıkarılması ve kamyonlara yüklenerek nakliye edilmesi suretiyle yapılacağı,

- Açık işletme basamak yüksekliğinin 2-8 m, basamak genişliğinin ise 6-8 m ve basamak şev açısının 70<sup>0</sup>-80<sup>0</sup> olmak üzere 1-2 basamak halinde yapılacağı,

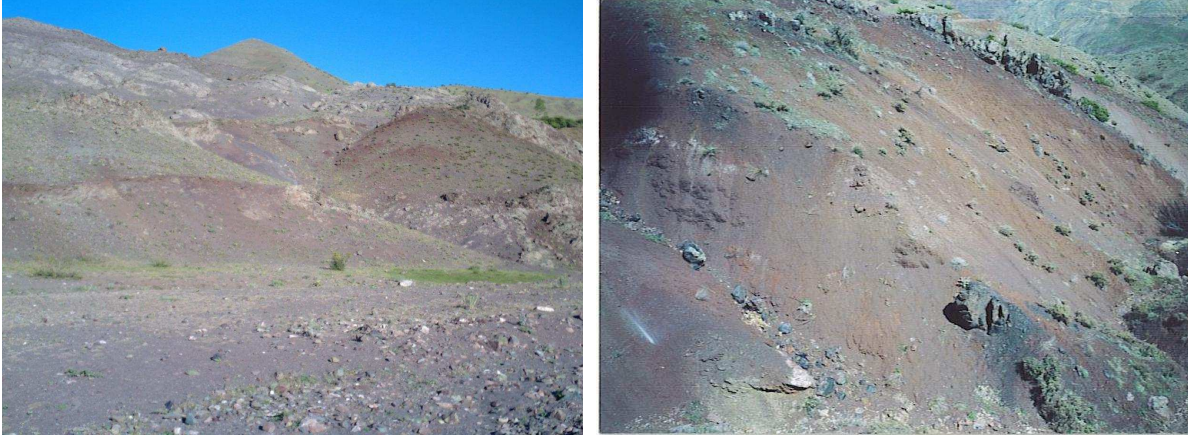
- İşletme alanında bitkisel toprağın mevcut olmadığı,

- İşletme alanında; yaklaşık 36.000 m<sup>3</sup> harfiyat oluşacağı, hafriyat atıklarının ise işletme kapatıldıktan sonra arazi ıslahı çalışmalarında kullanılmak üzere sahada uygun yerlere depolanacağı,

- İşletme alanında; toplam 10 kişinin çalışacağı, çalışan personelden kaynaklı 1600 L/gün evsel nitelikli atık su oluşumunun söz konusu olduğu, oluşan atık suyun sızdırmaz fosseptikte toplanıp belirli periyotlarla vidanjör aracılığı ile çektilererek ücret karşılığı Tunceli Belediye Başkanlığı’na ait kanalizasyon şebekesine verilmek suretiyle bertarafının sağlanacağı,

- İşletme alanında; çalışan personelden kaynaklı 13.4 kg/gün evsel nitelikli katı atık oluşacağı, oluşan katı atıkların ağzı kapalı çöp konteynirlerinde toplanarak Tunceli Belediye Başkanlığı’nın uygun gördüğü yere boşaltılmak suretiyle bertarafının sağlanacağı,

- İşletme alanında; cevher üretiminde kazma-sökme, doldurma-boşaltma ve taşıma işlemleri esnasında toplam 0.29 kg/saat toz emisyonu oluşacağı, toz emisyonu için Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen tüm tedbirlere riayet edileceği hususlarında taahhütlerde bulunulmuştur (Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü). Hasangazi Krom İşletmesinin faaliyete başlanmadan önceki 2008 yılı görüntüleri Şekil 3.1’de sunulmuştur.



**Şekil 3.1.** Hasangazi krom cevherleşmesinin faaliyet öncesi görünümü (Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü).

### **3.2.1. İşletmenin Mevcut Durumu**

Hasangazi mahallesinden stabilize yolla ulaşılan krom işletmesinde 2011 yılı Haziran ayında yapılan arazi çalışmasında işletme sahasında 3 (üç) ayrı alanda açık işletme yapılarak kromit cevherinin çıkarıldığı görülmüştür (Şekil 3.2). Hasangazi mahallesine yakın alanda yol üstündeki işletmede (1 nolu ocak) derine doğru devam eden cevher merceği boyunca kazı yapılmış ve kazı sonrası oluşan çukura su dolmuştur. Bu kısımdaki işletmeden açığa çıkan pasa, yamacın doğal eğiminden faydalanılarak Dikilitaş dere yatağına doğru boşaltılmıştır (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).

Dikilitaş derenin doğu ve batı kolu arasındaki yamaç (Mezra Tepenin güneybatı eteği) ise basamak halinde işletilmiş ve çıkan pasa bulunduğu alanda biriktirilmiştir. Derenin batı kolunun sağ ve sol yamacında yapılmış olan kazılar (2 nolu işletme alanı) ile dere yatağının bazı alanlarında çukurluklar oluşmuş (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6) ve bazı alanlarda ise dere akışı yön değiştirmiştir. Sulu dere olan Dikilitaş deresinin sözkonusu pasaları işletme dışına taşımamasını önlemek amacıyla ise dere yatağı önüne işletme pasasından bir sedde yapılmıştır. Bu seddenin etkisiyle akış hızı azalan akarsu küçük bir gölet oluşturmuştur (Şekil 3.7). İşletme sonucunda elde edilen cevher 1 nolu işletme alanında stoklanarak buradan nakliye edilmiştir. Bu araştırmanın yapıldığı 2011 ve 2012 yıllarında ocakta herhangi bir işletme faaliyetine, ya da sahanın kapatılması için gereken arazi ıslahı çalışmalarına rastlanmamıştır.

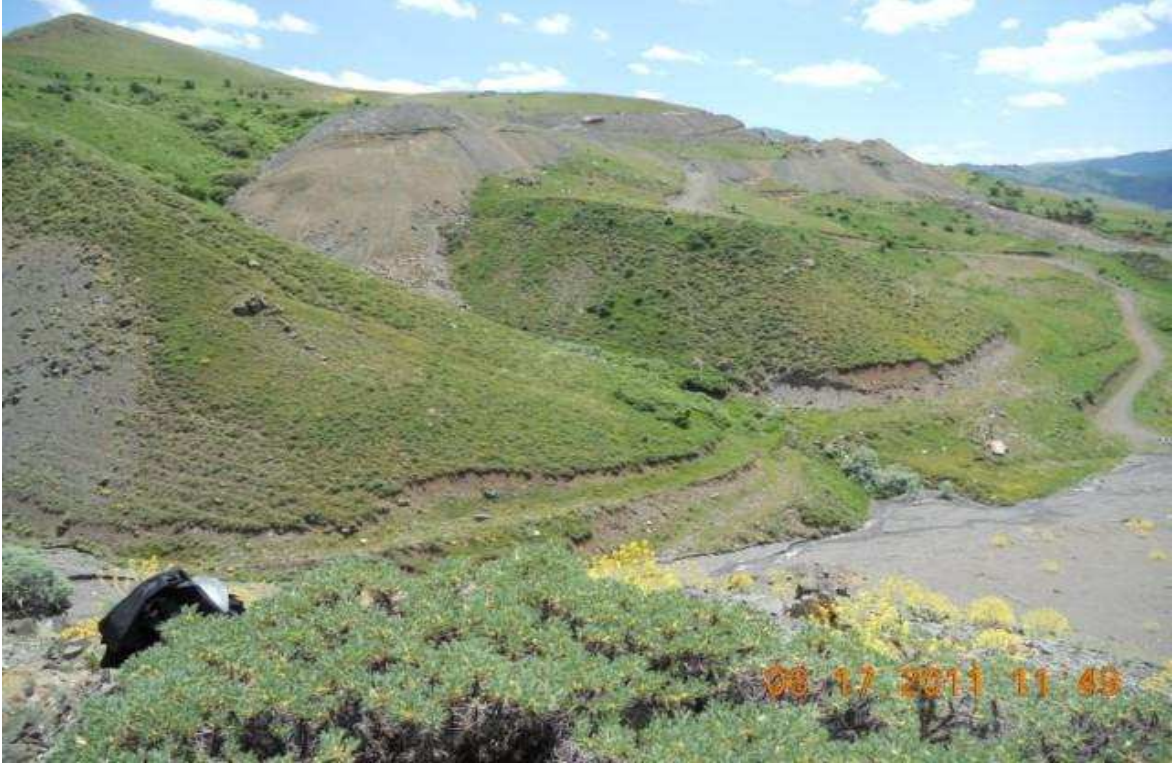


Şekil 3.2. Hasangazi krom ocağı 1 ve 2 nolu işletmenin 2013 yılı google earth görüntüsü



Şekil 3.3. Hasangazi krom işletmesi 1 nolu ocak pasası





**Şekil 3.4.** Hasangazi krom işletmesi 1 nolu işletme alanının kuzeybatı görünümü ve Dikilitaş dere yatağındaki silt birikimi (bakış kuzetbatıdan güneydoğuya)



**Şekil 3.5.** Hasangazi krom işletmesi 2 nolu ocak alanındaki pasaların durumu



Şekil 3.6. Hasangazi krom işletmesi 2 nolu ocak alanında oluşmuş çukur



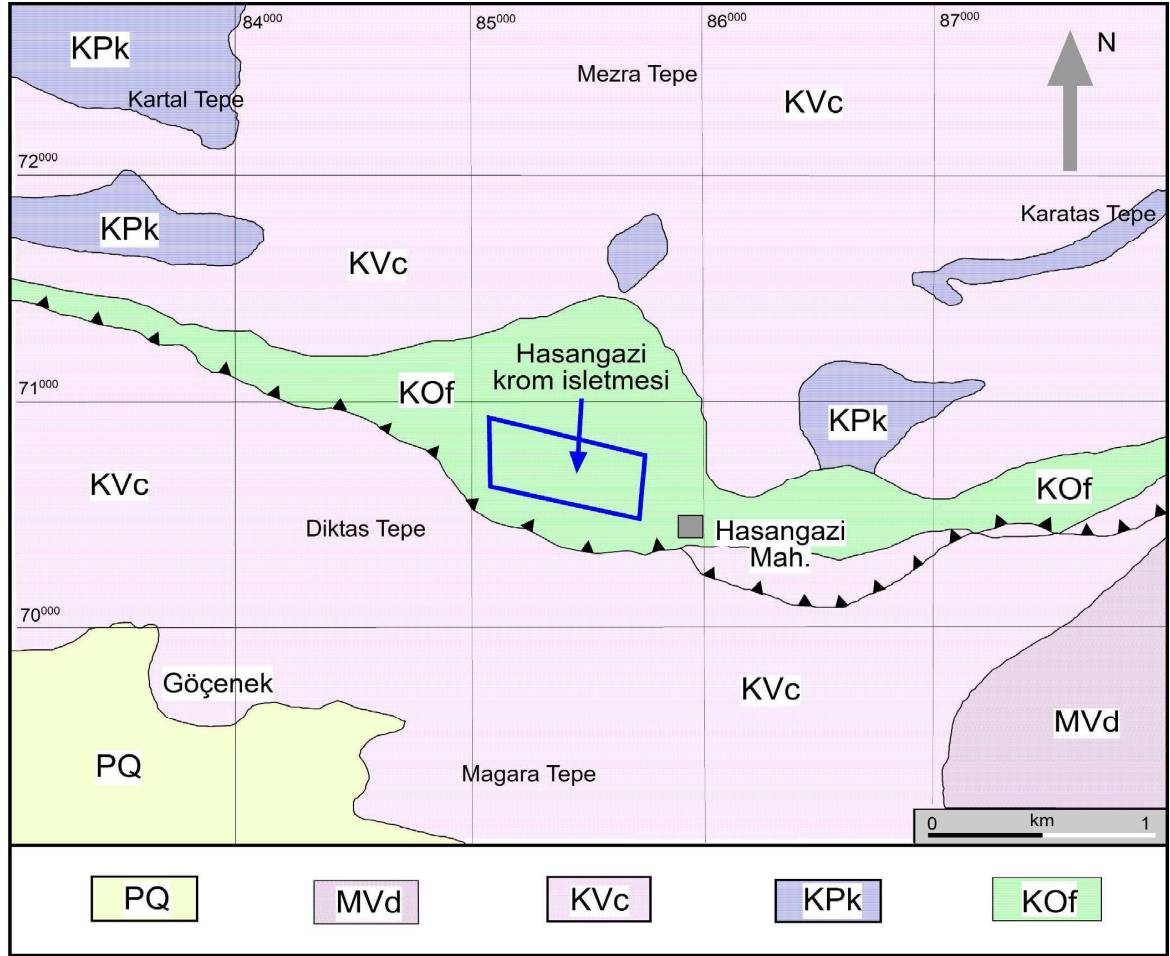
Şekil 3.7. Dikilitaş dere yatağında oluşturulmuş seddenin ardındaki gölet ve silt birikimi

Hasangazi krom işletmesinin çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen arazi ve laboratuvar çalışmaları kapsamında, ocak ve civarında kirletilmiş su-toprak alanlarının var olup olmadığı, varsa kirlilik kaynağının kökeninin belirlenmesi amacıyla; İncelenen alan ve civarının jeolojik yapısı, krom cevherleşmesinin ve yan kayacının özellikleri, krom işletmesinin pasa ve işletme içinden geçen dere yatağındaki sedimanın mineralojik bileşimi, kimyasal analizi ve işletme sahasından drene olan suyun fiziksel-kimyasal özelliği yerinde yapılan ölçümler ve laboratuvarda yapılan kimyasal analizler ile belirlenmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda her bir konu ile ilgili elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

### **3.3. İşletme Sahası ve Civarının Jeolojisi**

Coğrafik olarak Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Tunceli ve yakın civarında, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı farklı litolojilerden oluşmuş kaya birimlerinin yüzlekleri bulunmaktadır. Bölgedeki temel kayaları oluşturan Paleozoyik, metamorfik kayalarla temsil edilirken, Mesozoyik metamorfik, ofiyolitik, volkanik ve fliş türü sedimanter kayalar, Senozoyik ise sedimanter volkanoklastik kayalar ile temsil edilmektedir. Kuzeydoğu-güneybatı yönlü doğrultu atımlı faylar bölgenin ana tektonik unsurlarını oluşturur. Tunceli'nin kuzeybatısındaki, doğrultu atımlı sol yönlü Ovacık fayı, Doğu Anadolu fay sistemi içerisinde gelişmiş aktif bir faydır. Pülümür'ün güneyinde bulunan yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan faylanma nedeniyle ise fayın kuzeyindeki blok yükselmiş ve yöredeki yüksek dağlık kesimleri oluşturmuştur. Fayın güneyindeki blokta ise alçalma olduğu için Tunceli'nin güneyindeki düzlük kesimi oluşturmuştur.

1/100.000 ölçekli Erzincan J43 ve J44 paftalarının arasında bulunan Hasangazi krom işletmesinin bulunduğu alan ve civarı ise söz konusu doğu-batı gidişli bu fayın kuzeydeki yükselen blokunda yer aldığı düşünülmektedir. İşletmenin bulunduğu alanda ofiyolitik kayalar (KOf), bunların üzerinde rekristalize kireçtaşı ve mermer (KPk) birimi bulunmaktadır. Hasangazi köyünün KB'sında yer alan Hasangazi Mahallesi ve civarında ise Kretase yaşlı volkanik ve çökel kayalar (KVC) yaygındır. Hasangazi krom işletmesi ofiyolitik bileşimli kayalar (KOf) içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.8). Bu ofiyolitik kayalar kabaca D-B doğrultusunda Hasangazi'nin hem doğu hem de batısında devam etmekte ve Tunceli kuzeyindeki krom işletmeleri de bu kayalar içerisinde bulunmaktadır.



**Şekil 3.8.** Hasangazi krom işletmesi ve civarının jeoloji haritası (MTA 1/25000'lik jeoloji haritası temel alınarak, arazi çalışmasından elde edilen veriler ile hazırlanmıştır. KOf: ofiyolitik kayalar; KPc: rekristalize kireçtaşı-mermer; KVc: metamorfik kayalar; MVd: volkanik ve volkanoklastik kayalar; PQ: karasal çökeller

Kretase yaşlı bu volkanik ve çökel kayaçların (KVc) üzerine ise Hasangazi Mahallesi'nin güneydoğusunda Miyosen yaşlı volkanoklastik kayaçlar (MVd), güneybatısında Plio-Kuvaterner yaşlı çökeller (PQ) gelmektedir.

KOf; Hasangazi Mahallesi'nin kuzeyindeki yamaç boyunca yüzeylenmektedir. Birim Hasangazi civarında mikrogabro porfir, serpantinit, harzburjit ve dolerit ile temsil edilmektedir. Tüm bu kayaç birimleri bölgede etkin olan tektonik deformasyonlarla çok ezilmiş, milonitleşmiş ve bazı alanlarda tamamen serpantinleşmiştir. Yoğun alterasyon nedeniyle sahada fazla dik olmayan tepelikler oluşturmaktadır (Şekil 3.9). Çoğu alanda hakim litolojiyi harzburjitler ve serpantinitler oluşturmaktadır. Hasangazi krom yatağının yan kayacı da harzburjit ve serpantinit olup, cevher bu birimin içerisinde yer almaktadır. Birim sahada koyu-açık yeşilimsi rengi ve yoğun alterasyonlu oluşu nedeniyle arazide volkanitler ve çökel kaya birimlerinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. İçinde beyaz

renkli manyezit damarları ise uzak mesafelerden görülebilmektedir. Tunceli kuzeyinde bulunan ofiyolitik kayalar Ketin (1951) tarafından Geç Kretase, Gattinger (1952) Senomaniyen (Ü. Kretase) yaşta kabul edilmiştir. Munzur ünitesinin altında yer alan serpantinlerin geç Triyas öncesi yaşta olduğunu öne süren Neber (1959), daha sonraki yıllarda (1961) ise inceleme alanının kuzeyindeki Refahiye (Erzincan) ofiyolitlerinin de Triyas öncesi yaşta olduğunu açıklamıştır.

Bu ofiyolitik kayaların üzerine sınırlı alanlarda rekristalize kireçtaşı-mermer (KPk) birimi, diğer alanlarda ise tektonik olarak metamorfik kayalar (KVc) gelmektedir.

KPk; Birim Hasangazi krom işletmesinin hemen kuzeyinde ve devamında kesintili olarak sınırlı alanlarda bulunmakta ve rekristalize kireçtaşı-mermer biriminden oluşmaktadır. Kireçtaşı düzeyleri sarımsı-bej renkleri ile diğer metamorfik birimlerden ayrılırlar (Şekil 3.10). Çok kırıklı yapıya sahip olan birimde yer yer erime boşlukları gelişmiştir. Öncel çalışmalarda diğer metamorfik birimler (KVc) ile birlikte yörede Bağırpaşa Metamorfitleri olarak adlandırılan birim içerisine dahil edilmiştir. İlk kez Pamir ve Ketin (1944) tarafından adlandırılmış ve litolojik olarak tanımlanmış olan Bağırpaşa metamorfitleri ise Tunceli kuzey ve kuzey doğusunda Tersiyer yaşlı birimler tarafından örtülmektedir (Tarhan, 2008). Pamir ve Ketin (1944) bu metamorfitlerin Paleozoyik yaşta olduğuna değinmişler, Tarhan (1998) ise bölgedeki metamorfiklerin ilksel kaya birimlerinin Geç Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı olduğunu, Keban metamorfitlerinin üst bölümlerine karşılık geldiğini ve Jura-Kretase yaşlı olduğunu açıklamıştır (Tarhan, 2008).

KVc; Birim çeşitli şist, amfibolit, kalkşist, fillat, sleyt, meta-andezit ve meta-volkanoklastiklerden oluşmaktadır. Volkanik kayalardan oluşan kesimleri arazide, dişli görünümü ve koyu kahverengi ile ayırt edilebilmektedir.

MVd; Hasangazi güneyinde ve doğusunda bimodal volkanik ve volkanoklastik (aglomera, volkanik breş, tüfit) kayalar ile kireçtaşı, kıltaşı, marn, jips-anhidrit ve çakıltaşından oluşan istif yer almaktadır. Tüm bu birimler yanall ve düşey geçişli olup yer yer ofiyolit ve metamorfiklere ait bloklar (olistolit) içerir (Şekil 3.11). Miyosen yaşlı olduğunu düşündüğümüz bu istifin öncel çalışmalarda Balpayam formasyonu olarak adlandırılan istife benzer olduğu düşünülmektedir. Balpayam formasyonunun yaşı Tarhan vd., 1991 tarafından içerdiği fosiller ve stratigrafik konumuna göre Orta Eosen-Erken Miyosen yaşta olduğu kabul edilmiştir.



**Şekil 3.9.** Hasangazi krom işletmesi ve civarındaki ofiyolitik kayalar (KOf) ve işletme pasası (2 nolu ocaktan batıya bakış)

PQ; Göçenek güneyinde yüzeylenen çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan karasal çökeller Pliyosen-Kuvaterner yaşta kabul edilmiş olup inceleme alanındaki en genç çökel kayalardır. İnceleme alanının güneyindeki Turnadere ve Hasangazi dere yataklarında ise çeşitli kaya kırıntıları ve parçalarını içeren tutturulmamış blok, çakıl, kum ve kilden oluşan alüvyon yer almaktadır.



Şekil 3.10. Metamorfitler içerisindeki rekristalize kireçtaşı-mermer (KPk) birimi



Şekil 3.11. Metamorfit'lere ait kireçtaşı-KPk (solda) ve meta volkanitlerin-KVc (ortada) arazideki konumu

### 3.4. Hasangazi Kromit Cevheri ve Yankayacının Saha Özellikleri

Hasangazi kromit cevherleşmesi mikrogabro porfir, serpantin, harzburjit ve doleritden oluşan ofiyolitik kayalar içinde bulunmaktadır. Cevherleşmelerin olduğu alanlarda daha çok breşik yapılı (Şekil 3.12) ve serpantinleşmiş (Şekil 3.13) dünit ile harzburjit bulunmaktadır. Serpantinleşmiş ana kütle içerisinde ise gabroyik ve harzburjitik bileşimli kayalar, koyu renkli, masif yapılı iri bloklar halinde yer almaktadır. Doleritik damar kayaları ise KB-GD doğrultulu birkaç metrelik damarlar halindedir (Şekil 3.14).

Cevher ince orta taneli, koyu kahve-siyahımsı, hem masif, hem de saçınımlıdır. Gang minerallerini serpantin ve olivin oluşturmaktadır.



Şekil 3.12. Cevher yan kayacındaki breşik yapı





Şekil 3.13. Serpantinleşmiş cevher yan kayacın görünümü



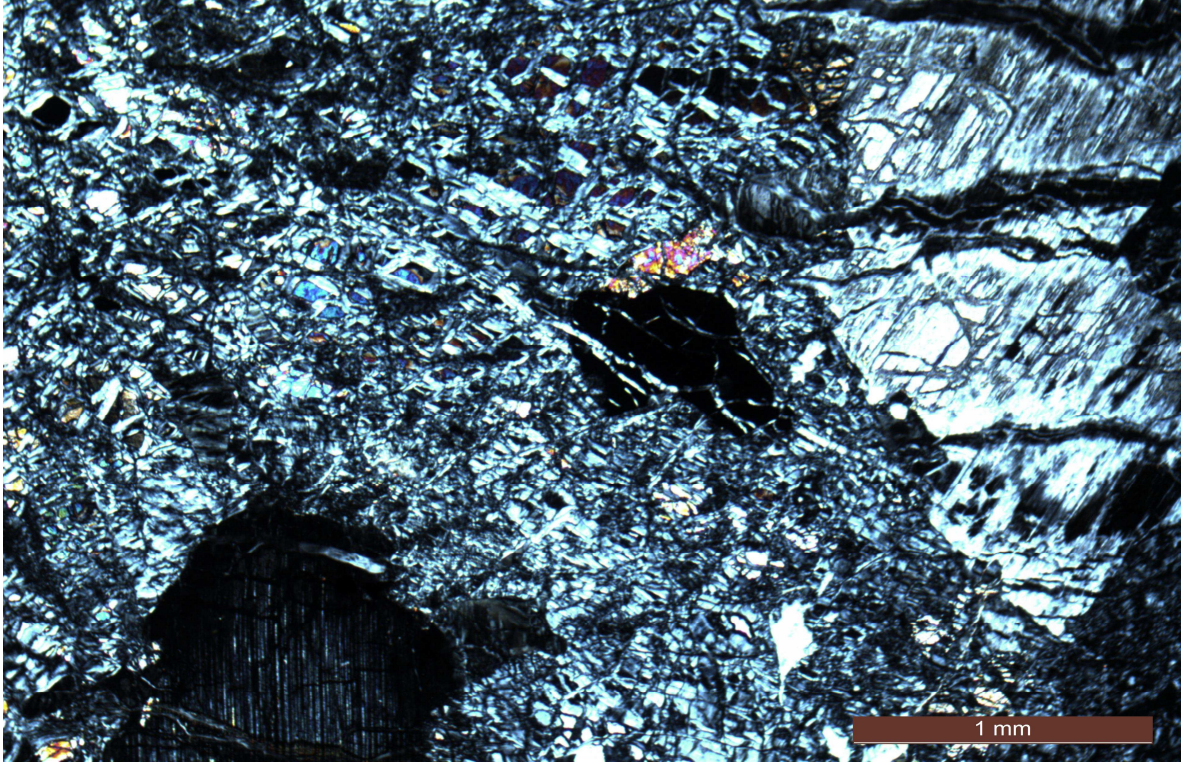
Şekil 3.14. Dolerit'in sahadaki görünümü

### 3.5. Hasangazi Krom Cevheri ve Yankayasının Mineralojik Petrografik Özellikleri

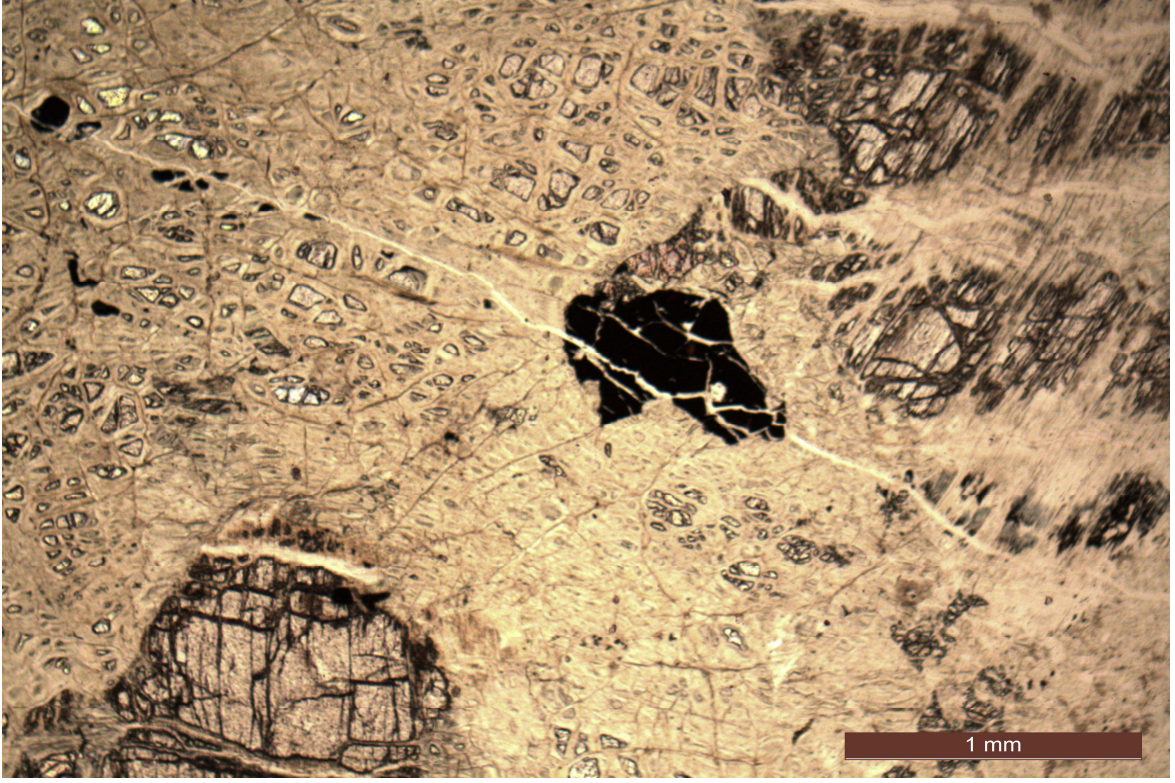
#### 3.5.1. Yankayanın Mineralojik-Petrografik Özellikleri

Hasangazi krom cevherinin yan kayasından hazırlanan ince kesitlerin polarizan araştırma mikroskobunda incelenmesi ile, farklı kayaç türlerinden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur

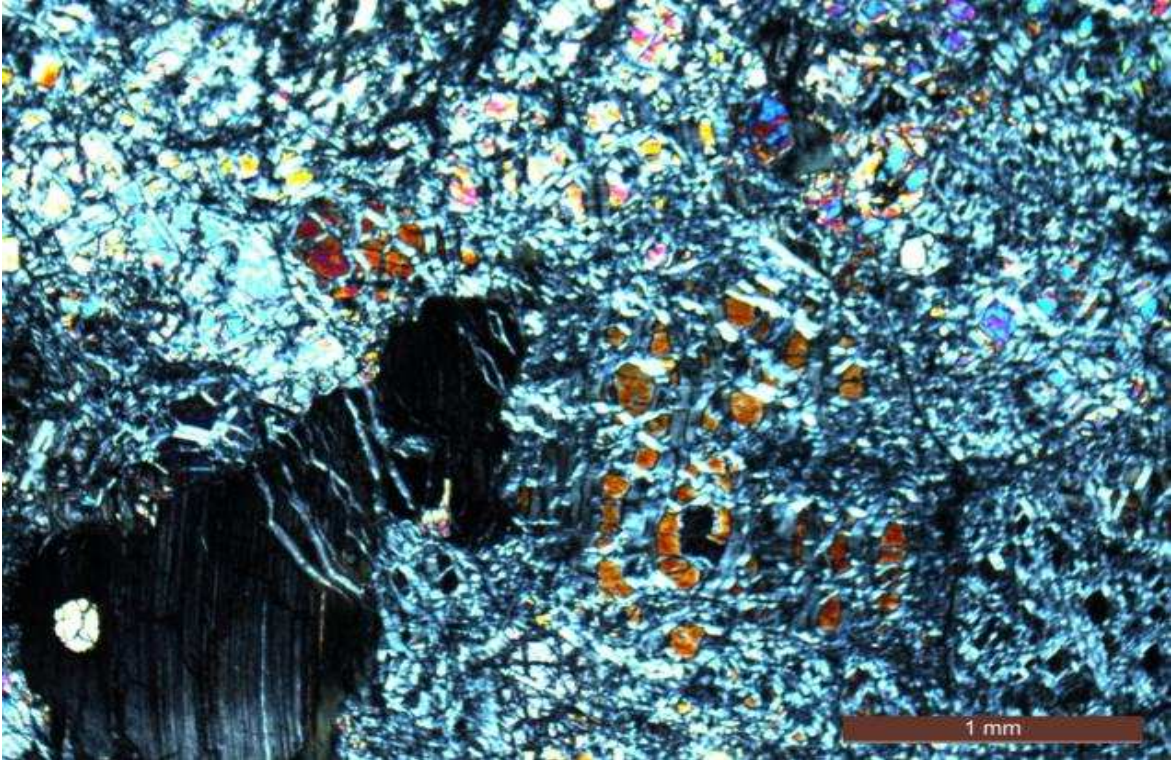
**Hazburjitler;** Kayaç holokristalin dokuda olup; Harzburjit bileşimlidir; Kayaç %80 olivin + %20 opx'den oluşmuştur. Yaklaşık % 1 kadar kromit minerali de içermektedir (Şekil 3.15 ve 3.16). Olivinler; çoğunlukla serpentine dönüşmüş ve lifsi yapı kazanmıştır. Serpantinleşmiş bu kesimlerin ortasında kalık olivinler açıkça görülmektedir. Elek (meş) dokusunun çok iyi gelişmiş olduğu kayada, kalık olivinler hem soluk renkli hem de canlı (mavi, sarı) polarizasyon renklerine sahiptirler (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18). Ortopiroksenler öz-yarı öz şekilli soluk renkli, bazen belirsiz bazen de tek yönde dilinimli, paralel sönmeli, olivin ve kromit kapantılı, kenarları bazen klorite dönüşmüş, çatlaklarında yer yer serpantin mineralleri oluşmuş, bazılarında zonlanma izlenmektedir (Şekil 3.19 ve 3.20).



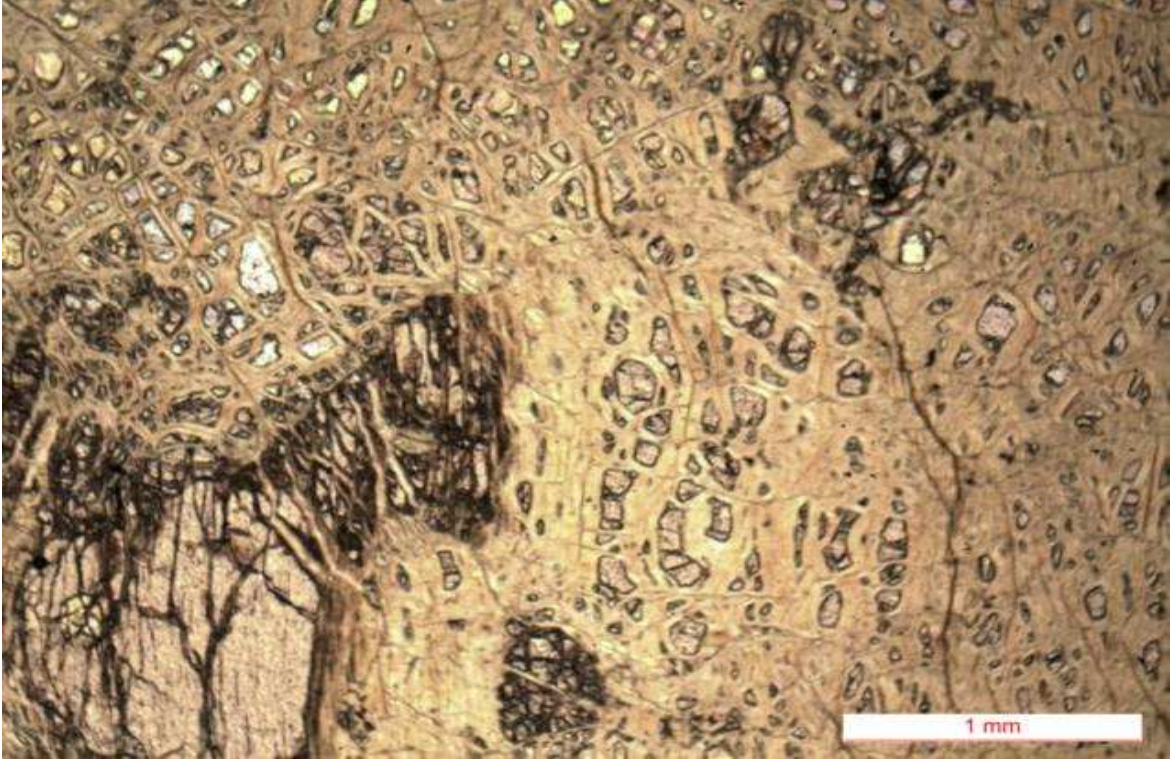
Şekil 3.15. Hazburjit bileşimli kayacın çift nikoldeki genel görünümü ve serpantin içinde kromit tanesi (ortada, siyah); Örnek No HK-1



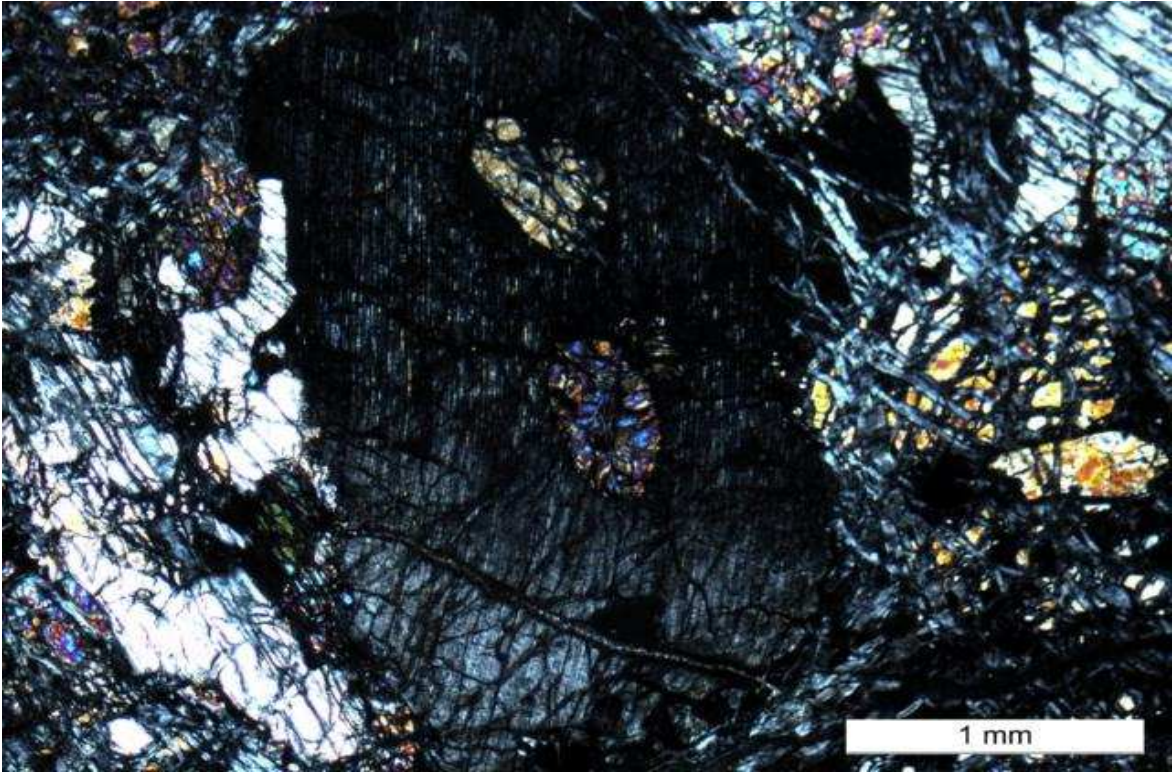
Şekil 3.16. Hazburjıt bileşimli kayacın tek nikeldeki genel görünümü ve serpantin içinde kromit tanesi (ortada, siyah); Örnek No HK-1



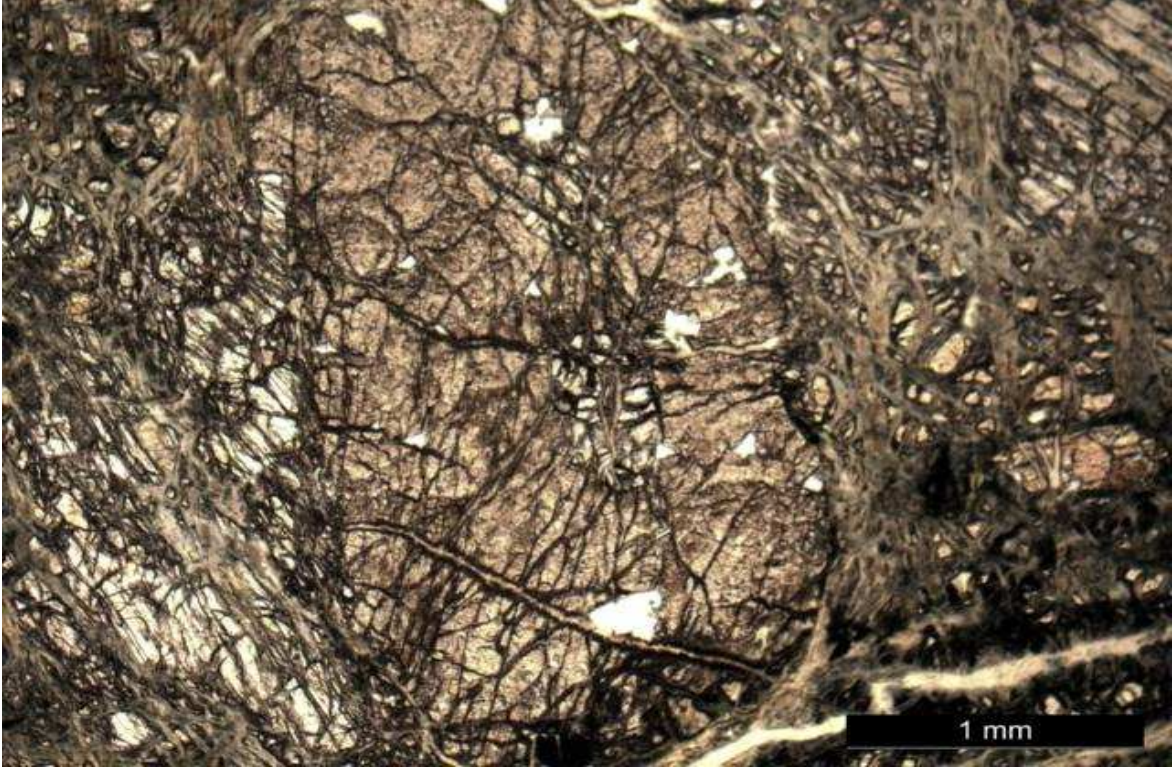
Şekil 3.17. Hazburjıt bileşimli kayacı oluşturan ortopiroksen (sol alt köşe, koyu renkli) ile serpantinitlerin içindeki kalık olivinler ve kayactaki elek dokusunun görünümü; Çift nikel,örnek no HK-1



**Şekil 3.18.** Hazburjit bileşimli kayacı oluşturan ortopiroksen (sol alt köşe) ile serpantinlerin içindeki kalık olivinler ve kayactaki elek dokusunun görünümü; Çift nikol. Örnek no HK-1



**Şekil 3.19.** Harzburjitlerdeki ortopiroksenler içindeki olivin kapantuları ve serpantinler içindeki kalık olivinler. Örnek no HK-1. Çift Nikol

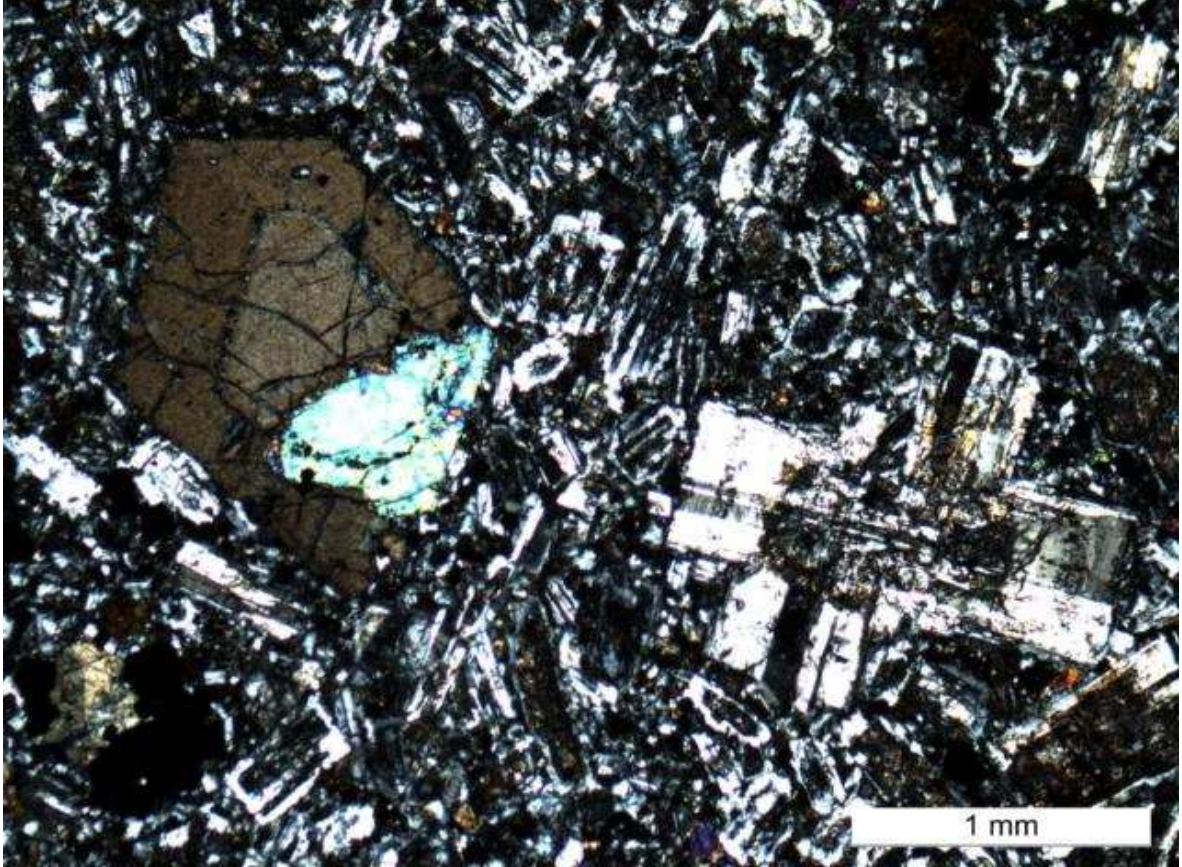


**Şekil 3.20.** Harzburjitledeki ortopirosenler içindeki olivin kapantuları ve serpantinler içindeki kalık olivinler. Örnek no HK-1. Tek Nikol

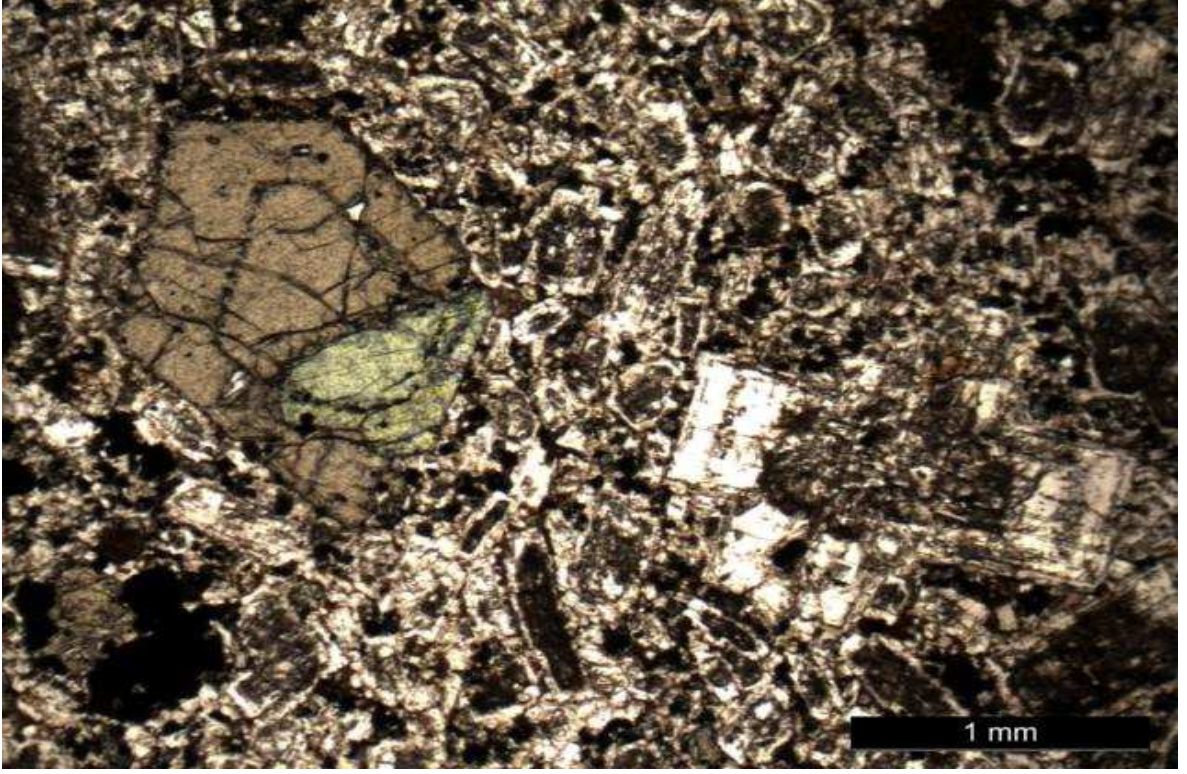
Kayada saçınımlı halde, genelde öz şekilli (altıgen veya kare), az da olsa yarı öz ve özşekilsiz opak mineraller bulunmakta olup bunlar kromit tanelerdir. Bu kromit tanelerinin çoğunluğu dünitik bir kılıfla sarılmıştır. Bazı örneklerde ise ortopirosenler içinde kapantı olarak görülmektedir. Kayacın kırıklı çatlaklı kesimlerinde bu kırık ve çatlaklar boyunca serpantinleşme gelişmiş ve bu serpantinleşme esnasında muhtemelen ikincil opak mineral (hematit) oluşumu gerçekleşmiştir.

**Mikrogabrolar;** Serpantinleşmiş ana kütle içerisinde bloklar halinde bulunan mikrogabrolar eş boy taneli değil, daha çok farklı büyüklüklerde minerallerden oluşmuş porfirik dokuludur. Kayacın esas minerallerini plajiyoklas, klinopirosen, ortopirosen ve az olivin oluşturmaktadır. Kayaçı oluşturan bu minerallere ilaveten kayaçta opak mineraller de bulunmaktadır. Plajiyoklaslar hem mikrolitler hem de porfiroblastlar halinde, genelde prizmatik, öz ve yarı özşekilli, çok serisitleşmiştir. Bazı tanelerin kenarları ise tamamen yenilmiştir. Albit, karlsbat ikiz yaygın olup, sönme açısı  $44-54^{\circ}$  arasındadır. Olivinler öz şekilli ve yarı öz şekilli, genelde soluk sarımsı-grimsi renkte, düzensiz kırıklı, yer yer iddingsitleşmiş veya kloritleşmiştir. Ortopirosenler altıgen şekilli, soluk renkli, zonlanmalı, plajiyoklas (karlsbat ikizli) ve opak mineral kapantılıdır. Klinopirosenler ise

çok iri taneli, bazen ikizli, yeşil mavi polarizasyon renkli, bol opak mineral kapantılı, tek yönde belirgin dilinimli ve porfiroblastlar halindedir (Şekil 3.21 ve 3.22). Amfiboller tamamen kloritleşmiş, dilinim ve pleokrizma kaybolmuş, tek ve çift nikolde yeşilimsi-sarımsı-kahve, hem çubuksu hem altıgen şekilli ve bol opak minerallidir.



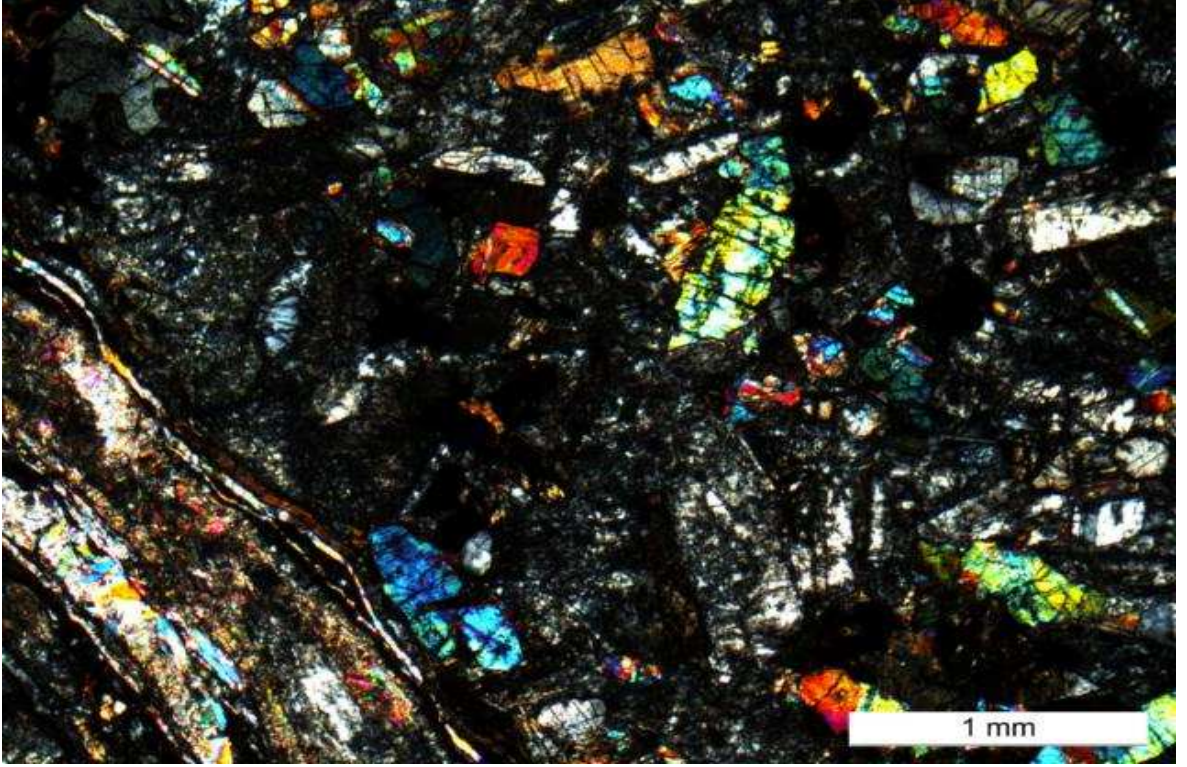
**Şekil 3.21.** Porfirik dokulu mikrogabronun genel görünümü. Özşekilli klinopiroksen ve girik ikizlenmeli plajiyoklas porfiroblastları. Örnek no HK-2. Çift Nikol



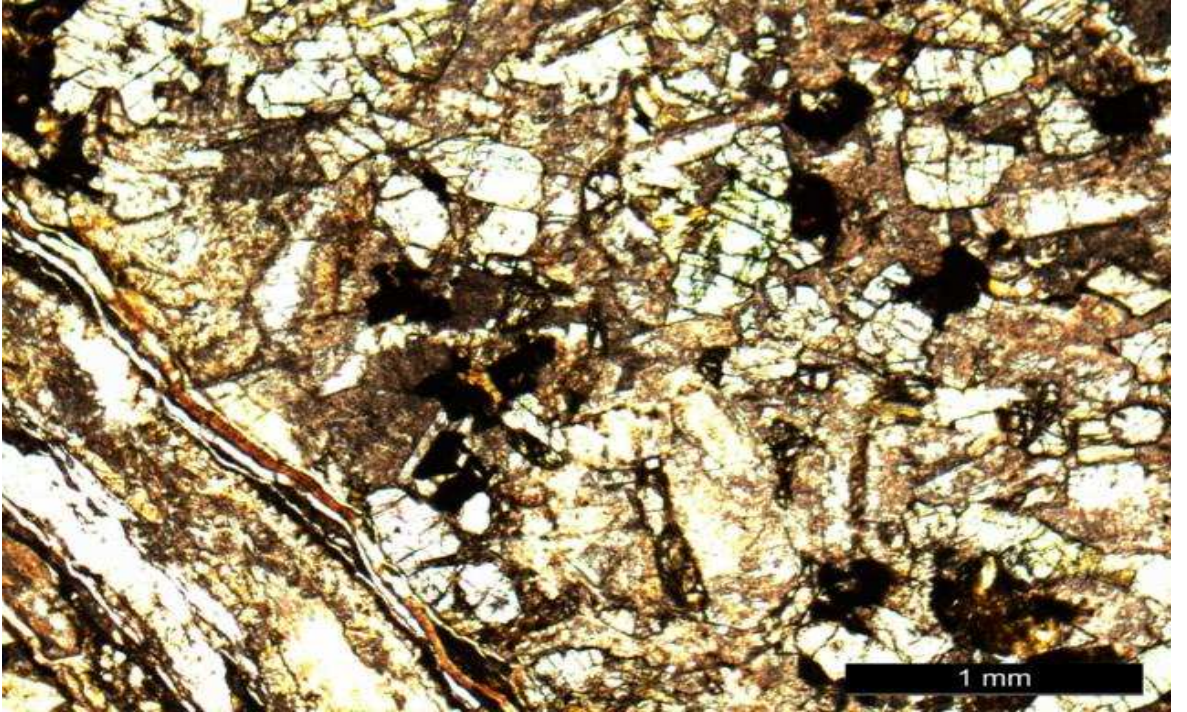
Şekil 3.22. Porfirik dokulu mikrogabronun genel görünümü. Özşekilli klinopiroksen ve girik ikizlenmeli plajiyoklas porfiroblastları. Örnek no HK-2. Tek Nikol

**Dolerit/diyabaz;** Doleritlerin esas minerallerini olivin, klinopiroksen, mika ve feldispatlar oluşturmaktadır (Şekil 3. 23). Kayadaki kırıklar boyunca kalsiyum ve silis getirimi ile ikincil kalsit ve kuvarslar oluşmuştur. Genelde yarı özşekilli olan klinopiroksenlerde  $50-55^{\circ}$  arası sönme açıları ölçülmüştür. Bu klinopiroksenler muhtemelen kalsiyumca zengin, magnezyumca daha fakir diyopsit bileşimlidir. Kloritleşme görülen kayaçta bazı klinopiroksenlerin kenarları da tamamen kloritleşmiştir. Feldispatların çoğu tamamen killeşmiş olup, plajiyoklaslar da oldukça alterasyonludur. Karlsbat ikizlerinde  $30-35^{\circ}$  arası sönme açıları ölçülmüştür. Bu plajiyoklasların arasında ve üzerlerinde daha geç evrede oluşmuş opak mineraller gözlenmektedir (Şekil 3. 24).

**Serpantinitler;** Tanesel ve lifsi serpantin minerallerinden oluşan kayaç çok kırıklı ve çatlaklıdır. Çatlaklar kalsit dolgulu olup, bu dolgulu zonda kalsite ilaveten yoğun şekilde opak mineral dizilimleri de gelişmiştir. Kayaç içinde yine çatlak sistemlerine yerleşmiş daha iri, özşekilsiz ikincil kalsit oluşumları da mevcuttur (Şekil 3. 25). Serpantinit mineralleri içinde ise yarı öz ve öz şekilsiz opak mineraller oluşmuştur (Şekil 3. 26).

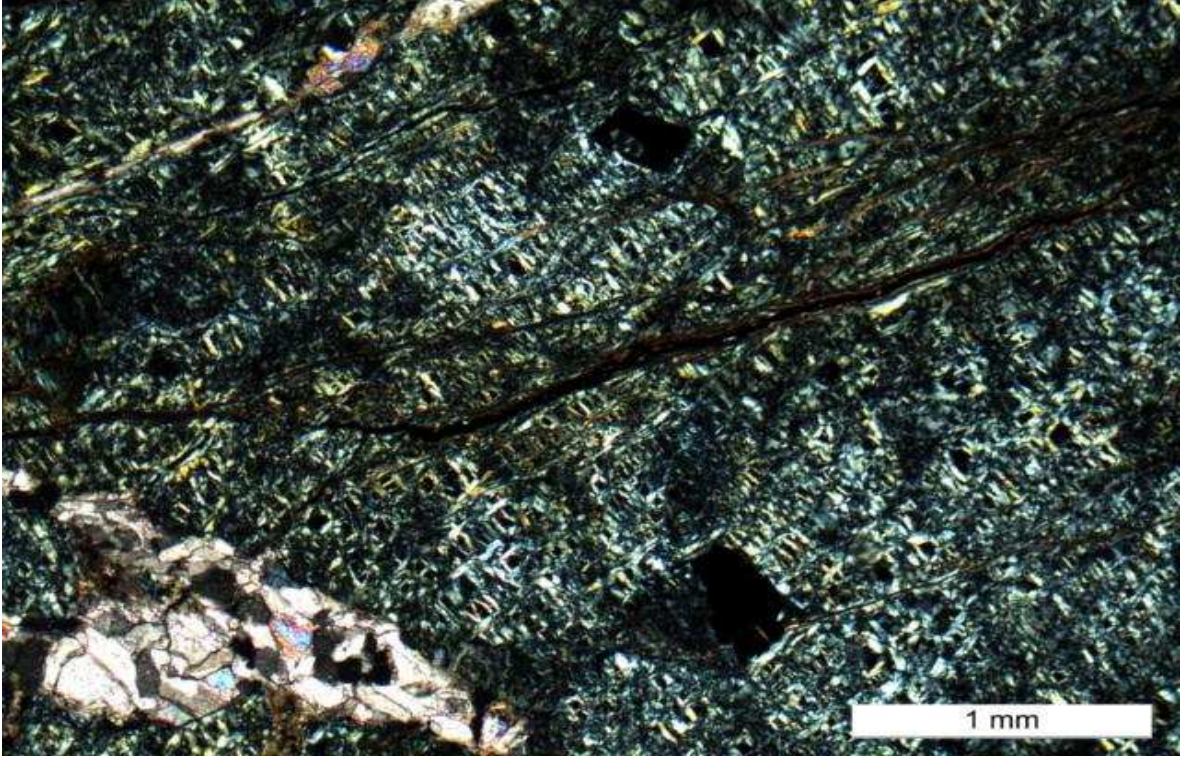


Şekil 3.23. Doleritin genel görünümü ve doleritteki çatlağa (sol alt köşe) yerleşmiş ikincil kalsit oluşumları.  
Örnek no HK-4. Çift Nikol

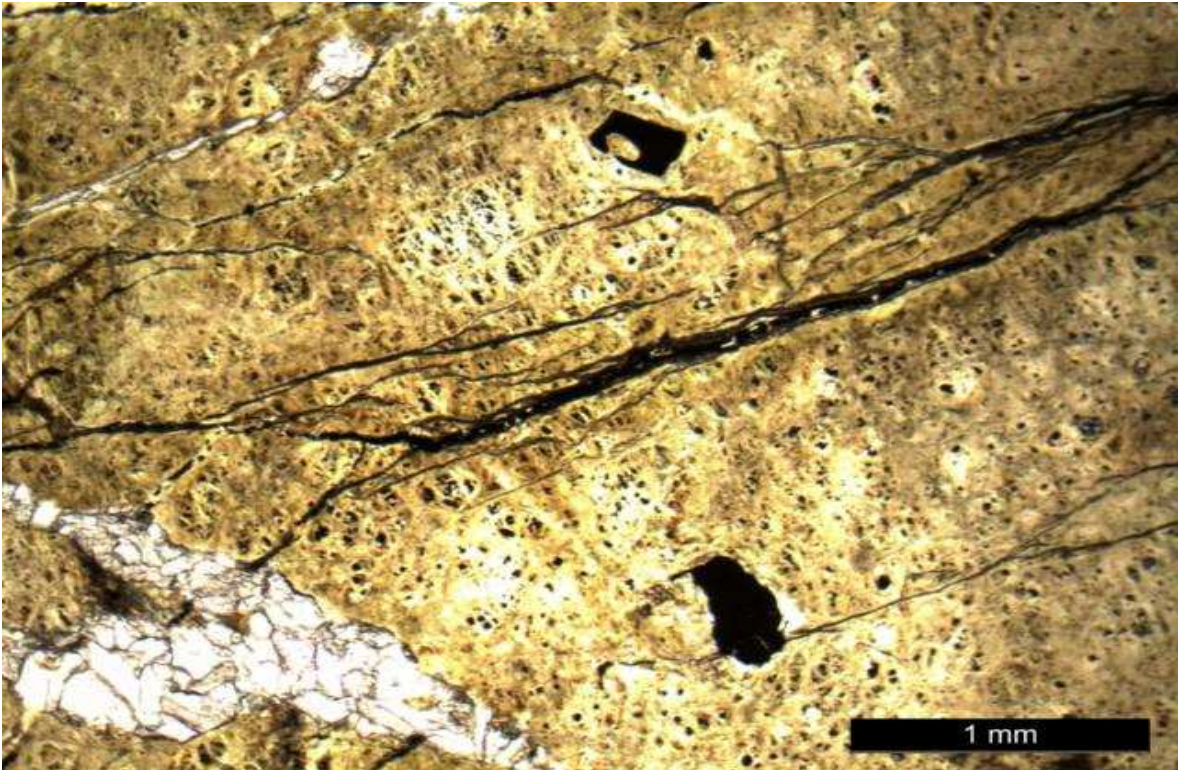


Şekil 3.24. Doleritin genel görünümü ve doleritteki çatlağa (sol alt köşe) yerleşmiş ikincil kalsit oluşumları.  
Örnek no HK-4. Tek Nikol





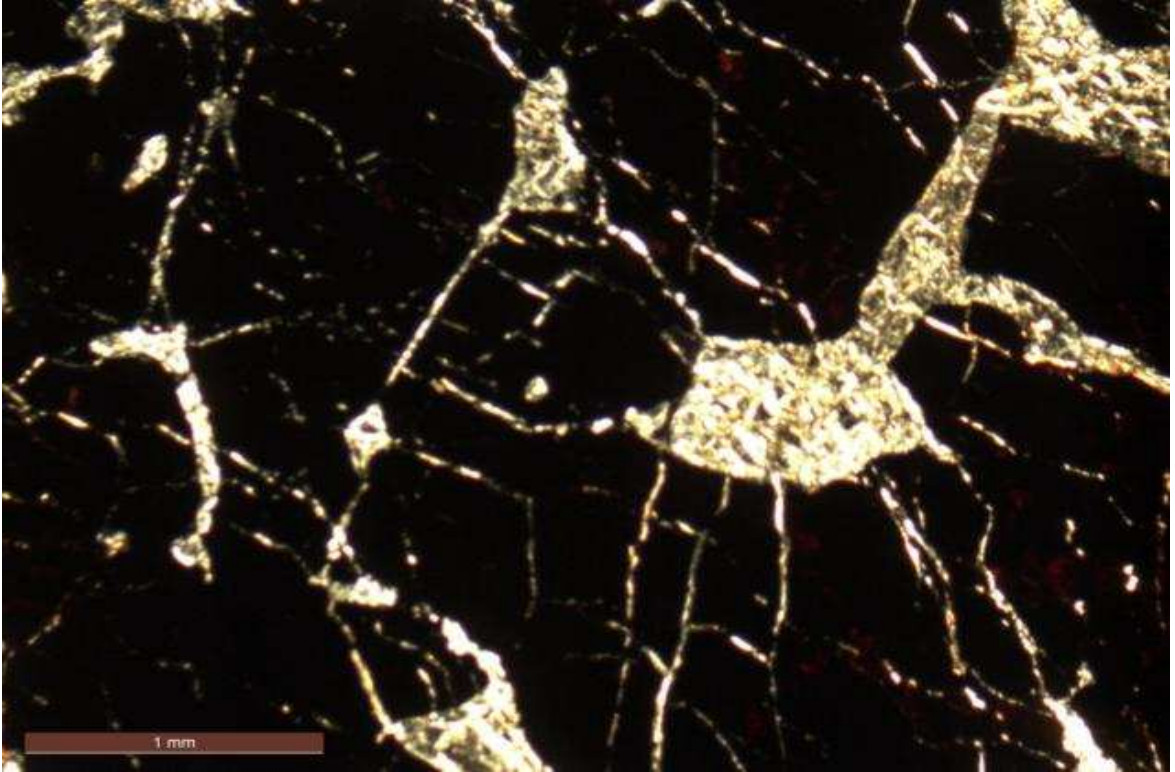
Şekil 3.25. Serpantinit içindeki ikincil kalsitler (sol alt köşe) ve opak mineraller (siyah). Örnek no HK-5. Çift Nikol



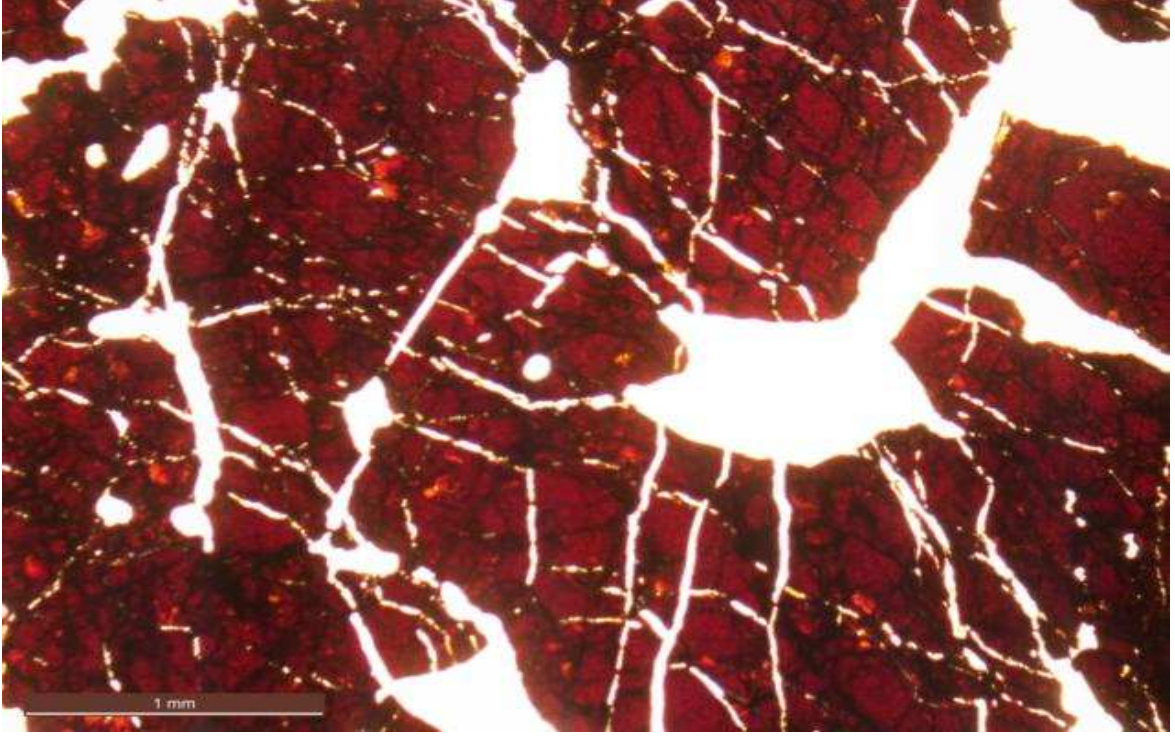
Şekil 3.26. Serpantinit içindeki ikincil kalsitler (sol alt köşe) ve opak mineraller (siyah). Örnek no HK-5. Tek Nikol

### 3.5.2. Krom Cevherinin Mineralojik-Petrografik Özellikleri

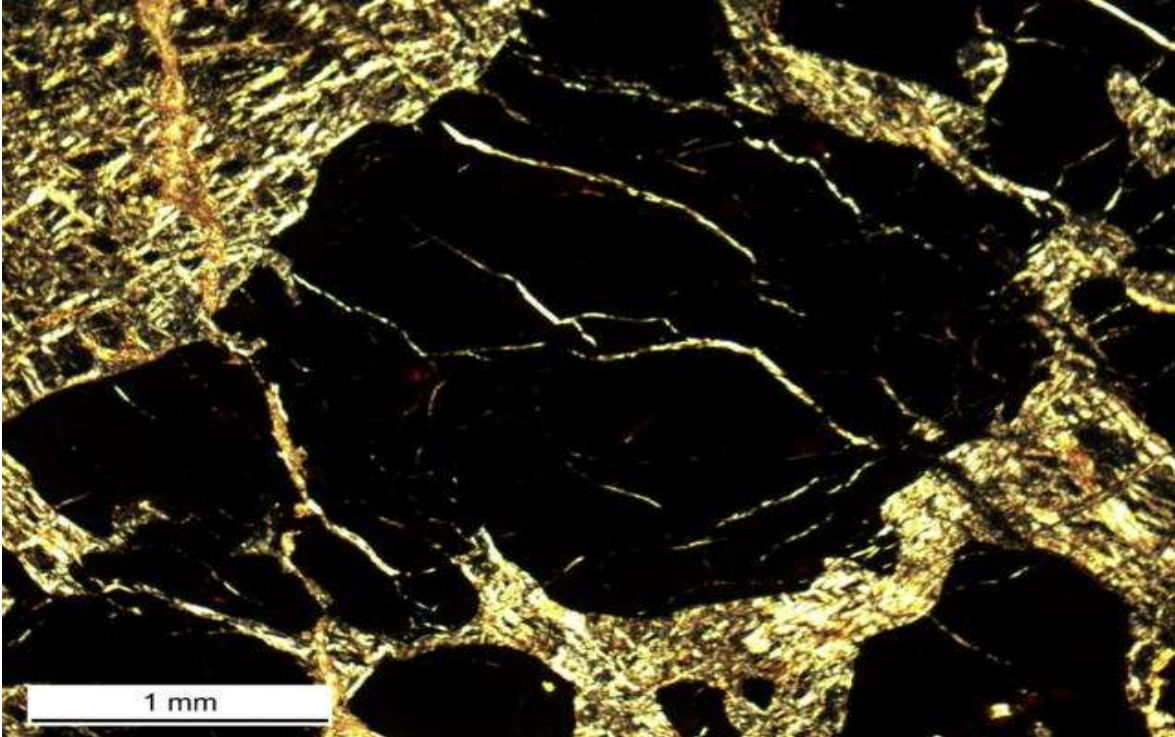
Krom cevherinin minerali olan kromitler öz, yarı öz şekilli, çok kırıklı ve birkaç mm büyüklükte taneler halindedir. Kırıkların çoğunu özşekilsiz muhtemelen hematit dolguları vardır. Ayrıca, kromitler içinde yuvarlaklaşmış serpantin kapanımları ve kromit tanelerinin kırıkları boyunca, kırık dolgusu şeklinde serpantin ve kalsit oluşumları bulunmaktadır. Birbirini kesen kırık sistemleri sıklıkla görülmekte olup, ilk oluşan kırıklarda serpantin dolguları görülürken, bunları kesen kırıklar karbonat ile doldurulmuştur (Şekil 3. 27 ve 3. 28). İri taneli kromit minerallerinin etrafını ise tamamen serpantin mineralleri ile sarılmıştır ve genelde elek dokusu gelişmiştir. Serpantinlerin olivinden dönüştüğünü gösteren olivin kalıntıları ise, serpantinlerin içerisinde irili ufaklı taneler halinde izlenmektedir (Şekil 3. 29).



Şekil 3.27. Kromitin kırıklı çatlaklı dokusu ve kırıklarda oluşmuş serpantin mineralleri. Örnek no HC-2. Çift Nikol



Şekil 3.28. Kromitin kırıklı çatlaklı dokusu ve kırıklarda oluşmuş serpantin mineralleri. Örnek no HC-2. Çift Nikol



Şekil 3.29. Kromitin kırıklarını dolduran ve çevreleyen serpantin kılıfı ve serpantin içinde kalık olivin (Çift Nikol)

Hem kromit hem de kromitin gangı olan olivin, piroksen ve serpantin minerallerinin türünü belirlemek için yapılan EPMA analizlerinden seçilmiş örneklerin sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’de görüldüğü gibi kromitin Mg’ca zengin Mg-Al kromit olduğu belirlenmiştir. Olivinlerin kimyasal bileşimleri Fo<sub>91-93</sub> - Fa<sub>09-07</sub> arasında değişen **forsteritik olivindir**. Piroksenlerin kimyasal bileşimleri ise Wo<sub>0.75-2.39</sub>, En<sub>89.83-95.02</sub> ve Fs<sub>4.24-8.33</sub> arasında değişmekte olup, piroksen türünün yine Mg’ca zengin **enstatit** olduğu belirlenmiştir. Serpantin minerallerinde yapılan mikro analiz sonucunda; serpantin minerallerinde SiO<sub>2</sub>’nin 37.05-44.78 arasında, MgO’in ise 33.57-43.88 arasında değiştiği ve **krizotil** olduğu tespit edilmiştir.

Tablo. 3.2. Hasangazi krom cevheri ve yan kayaçlarından yapılan EPMA analiz sonuçları ve analizi yapılan her bir mineral grubunun hesaplanmış katyon değerleri.  
**Ca- Ol:** Kalsiyumlu olivin; **Fo:** Forsterit; **Fa:** Fayalit; **Wo:** vollaistonit; **En:** Enstatit; **Fs:** Ferrosilit'dir.

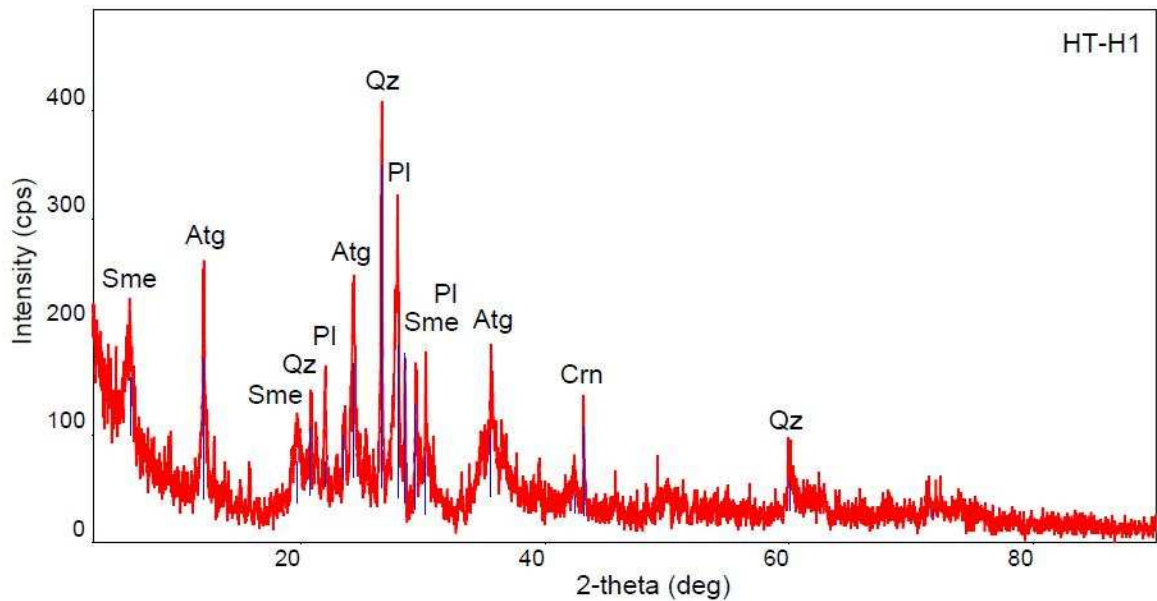
Oksit (%ağ)	C4_7	C4_8	Oksit (%ağ)	B2_21	Oksit (%ağ)	B1_5	Oksit (%ağ)	B1_9	B1_11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,03	40,53	SiO <sub>2</sub>	42,72	SiO <sub>2</sub>	56,50	SiO <sub>2</sub>	41,36	44,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,06	28,66	TiO <sub>2</sub>	0,00	TiO <sub>2</sub>	0,02	TiO <sub>2</sub>	0,01	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,98	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,82	1,54
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,02	FeO(t)	7,51	FeO(t)	4,82	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,57	0,73
FeO	16,78	16,84	MnO	0,00	MnO	0,09	FeO	6,94	4,58
MgO	13,90	14,26	MgO	51,13	MgO	34,34	MnO	0,16	0,14
MnO	0,00	0,00	CaO	0,01	CaO	0,87	MgO	36,14	33,57
CaO	0,03	0,00	Na <sub>2</sub> O	0,00	Na <sub>2</sub> O	0,00	CaO	0,30	0,76
NiO	0,00	0,00	K <sub>2</sub> O	0,00	K <sub>2</sub> O	0,00	Na <sub>2</sub> O	0,00	0,05
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,00	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,41	K <sub>2</sub> O	0,00	0,03
K <sub>2</sub> O	0,00	0,01	NiO	0,35	NiO	0,49	H <sub>2</sub> O	12,75	13,67
Toplam	99,82	100,32	Toplam	101,72	Toplam	99,51	Toplam	100,06	99,85
<b>Stokiyometrik hesaplanan</b>					<b>Stokiyometrik hesaplanan</b>				
FeO	15,00	14,89			FeO	4,69			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,98	2,16			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14			
Toplam	100,02	100,54			Toplam	99,52			
Cr	7,98	7,60	Si	1,02	Si	1,95	Si	1,97	2,09
Al	7,66	8,01	Ti	0,00	Al(iv)	0,05	Ti	0,00	0,00
Si	0,00	0,00	Al	0,00	Al(vi)	0,03	Al	0,10	0,08
Ti	0,00	0,00	Fe(t)	0,15	Ti	0,00	Cr	0,00	0,00
Fe <sup>3+</sup>	0,36	0,39	Mn	0,00	Fe(iii)	0,00	Fe <sup>+2</sup>	0,28	0,18
Fe <sup>2+</sup>	3,01	2,96	Mg	1,82	Fe(ii)	0,14	Mn	0,01	0,01
Mg	4,98	5,04	Ca	0,00	Mn	0,00	Mg	2,57	2,34
Mn	0,00	0,00	Na	0,00	Mg	1,77	Ca	0,02	0,04
Ca	0,01	0,00	K	0,00	Cr	0,01	Na	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	Cr	0,00	Ni	0,01	K	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	Ni	0,01	Ca	0,03	H	4,06	4,26
Katyon toplamı	24,00	24,00			Katyon toplamı	4,00	Katyon toplamı	9,00	9,00
100Mg/Mg+Fe <sup>2+</sup>	62,29	63,05	Ca-Ol %	0,01	<b>Wo</b> %	1,66			
100Cr/Cr+Al	51,03	48,69	<b>Fo</b> %	92,38	<b>En</b> %	91,16			
100Fe <sup>3+</sup> /Cr+Al+Fe <sup>3+</sup>	2,24	2,41	<b>Fa</b> %	7,61	<b>Fs</b> %	7,17			
Mineral Türü	<b>Mg-Al Kromit</b>	<b>Mg-Al Kromit</b>		<b>Forsterit</b>		<b>Enstatit</b>		<b>Krizotil</b>	<b>Krizotil</b>

### 3. 6. Pasa, Bahçe Toprağı ve Dere Sedimentlerinin Mineralojik Bileşimi

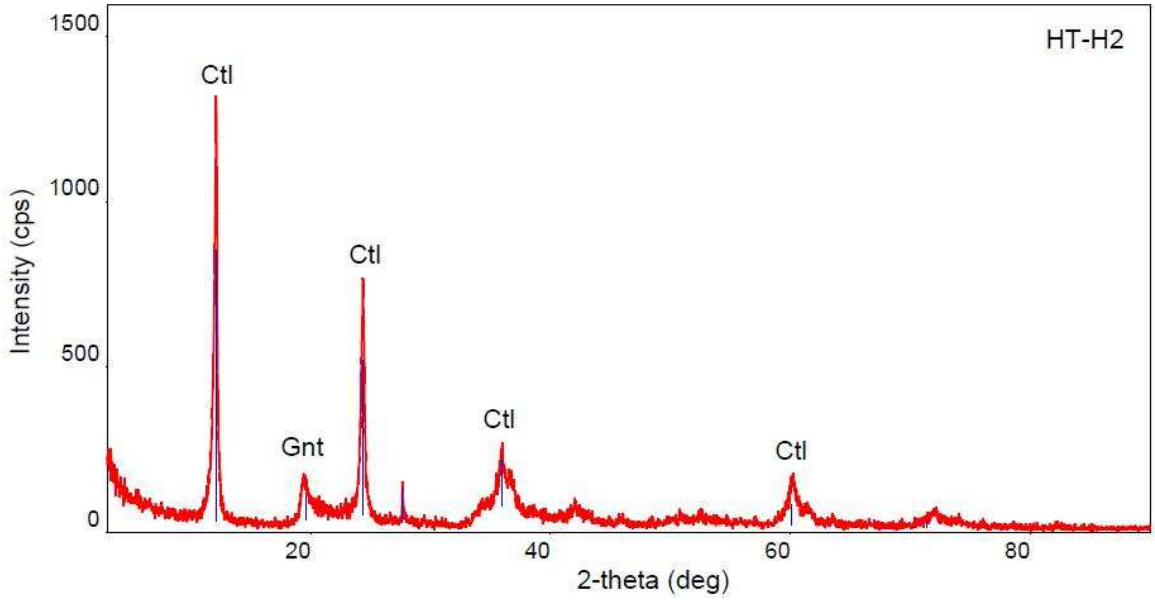
#### 3.6.1. Pasa, Toprak ve Bazı Dere Sedimentlerinin Yağışlı Dönem Sonu Mineralojik Bileşimi

HT-H1; 2 Nolu işletme önünde Dikilitaş dere yatağında işletme faaliyeti ile oluşmuş olan çukurdan alınan sediment örneğidir. Örneğin XRD çözümlenmelerinde ana mineralojik bileşiminin antigorit (serpantin grubu mineral) + plajiyoklas + simektit olduğu ve bu minerallere kalsit, kuvars ve korund'un eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 3. 30). İşletme pasa alanının da yakınında yer alan örnekteki antigorit mineralinin kromitin gang minerali olan olivinin hidrotermal alterasyonu ile, feldispat minerali olan plajiyoklasın, ve kil minerali olan simektitin kökeni kromu içerisinde bulunduran ofiyolitik kayalar ve işletmenin yakınındaki volkanik kayalar olması gerekmektedir. Kuvars ve kalsitin kaynağı ise Dikilitaş derenin beslenme alanı içerisinde yüzeylenen metamorfik kayalara ait volkanitler ve kireçtaşları olduğu düşünülmektedir.

HT-H2; Dikilitaş Deresinin bulunduğu alandaki 2 Nolu işletme pasasından alınan örnektir. Örneğin XRD çözümlenmesinde, cevher pasasının neredeyse tamamının kromun gangı olan serpantin (krizotil) mineralinden oluştuğu ve serpantine ise garniyerit'in (serpantin minerali olan antigorit'deki Mg'un yerine Ni'in geçmesiyle oluşan mineral) eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 3. 31).



Şekil 3.30. 2011 Haziran ayı HT-H1 nolu örneğin XRD çözümlenmesi. Atg: Antigorit, Crn: Korund, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Sme: Simektit



Şekil 3.31. 2011 Haziran ayı HT-H2 nolu örneğin XRD çözümü. Ctl: Krizotil. Gnt: Garniyerit

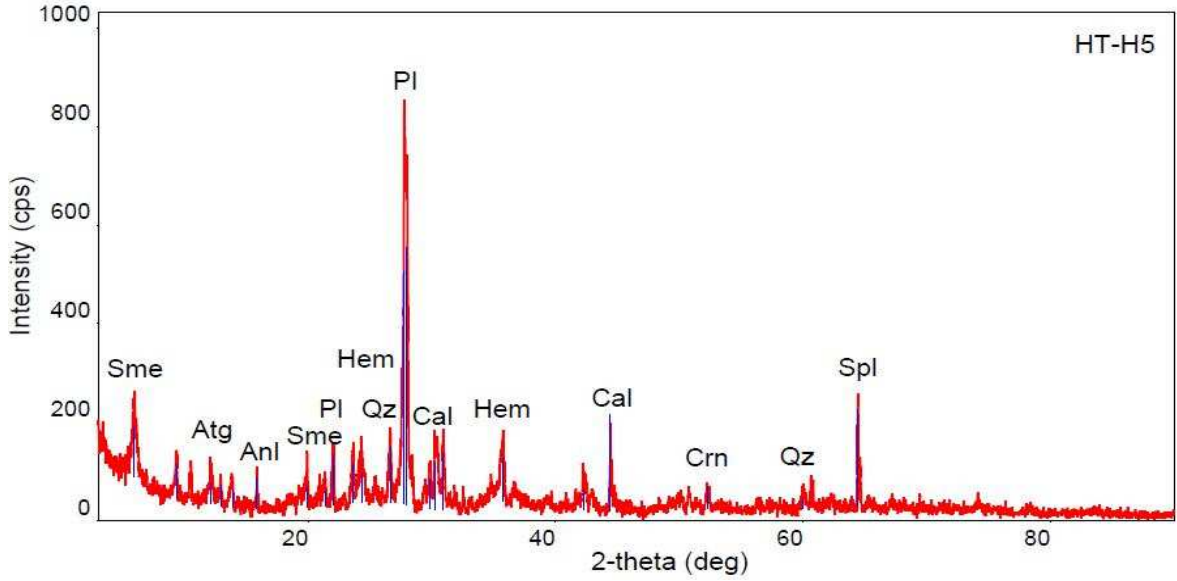
HT-H5; Dikilitaş deresinin doğu kolundan alınan sediment örneğidir. Örneğin XRD çözümlemesinde serpantin + antigorit + plajiyoklas + kuvars + kalsit + dolomit + korund ve spinel (kromit) mineralleri belirlenmiştir (Şekil 3.32). Kuvars, kalsit, dolomit ve korund'un daha çok Dikilitaş derenin beslenme alanı içerisinde yer alan metamorfik kayalardan kaynaklanmış olup, serpantin ile antigorit ise kromitin gang mineralleridir.

HT-H6; 1 Nolu işletme alanında ve krom cevherinin stoklandığı alanın tabanından alınan örneklerdir. Örneğin XRD çözümlemesinde klorit, krizotil, enstatit, serpantin ve spinel (kromit) mineralleri belirlenmiştir (Şekil 3.33). Bu mineraller tamamen krom ve onun yan kayacından kaynaklanan mineralleridir. Klorit ise muhtemelen piroksenlerin (enstatit gibi) bozuluşu ile ikincil olarak oluşmuştur.

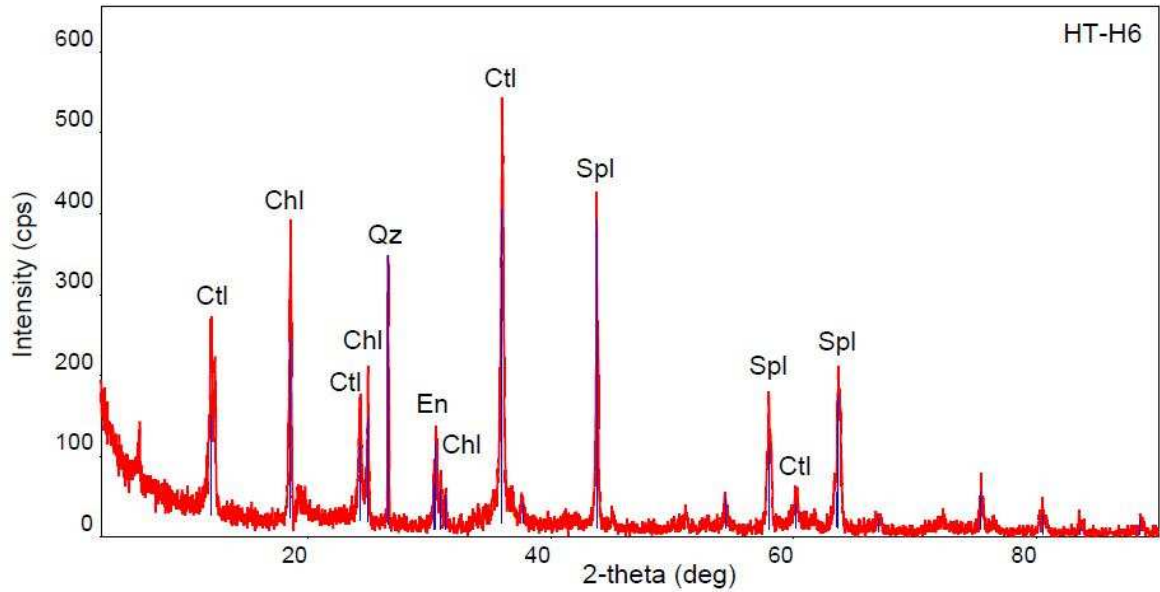
HT-H7; 1 Nolu işletme pasasından alınan örnektir. Örneğin XRD çözümlemelerinde kromitin gangi olan serpantin grubu mineraller (krizotil, antigorit) ile bu alandaki metamorfikler ve kireçtaşlarından kaynaklanan kuvars, dolomit ve kalsit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 3.34).

HT-H9; İşletme sahası dışında Hasangazi köyünün kuzeybatısındaki bahçe toprağından alınan örnektir. Diğer örneklerin esas bileşenini oluşturan serpantin grubu minerallere (krizotil, antigorit) ve kromite bu örnekte rastlanmamış olup, toprağın esas bileşenini kil mineralleri (simektit, montmorillonit), plajiyoklas, klorit ve dolomit mineralinin oluşturduğu belirlenmiştir (Şekil 3.35).

HT-H10; Hasangazi dere sedimentinden alınan örnektir. İşletme sahası dışında ve işletmenin yaklaşık 3 km uzağından (güneyinde) alınan örneğin XRD çözümlemesinde, ana bileşenin kil mineralleri (simektit, kaolinit, illit) olduğu, buna ilaveten örnekte serpantin, plajiyoklas, kalsit, kuvars ve jips minerallerinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 3.36). Parajenezdeki bu minerallerin Hasangazi deresinin beslenme alanındaki metamorfik, ofiyolitik ve volkanik kayalar olduğu düşünülmektedir.

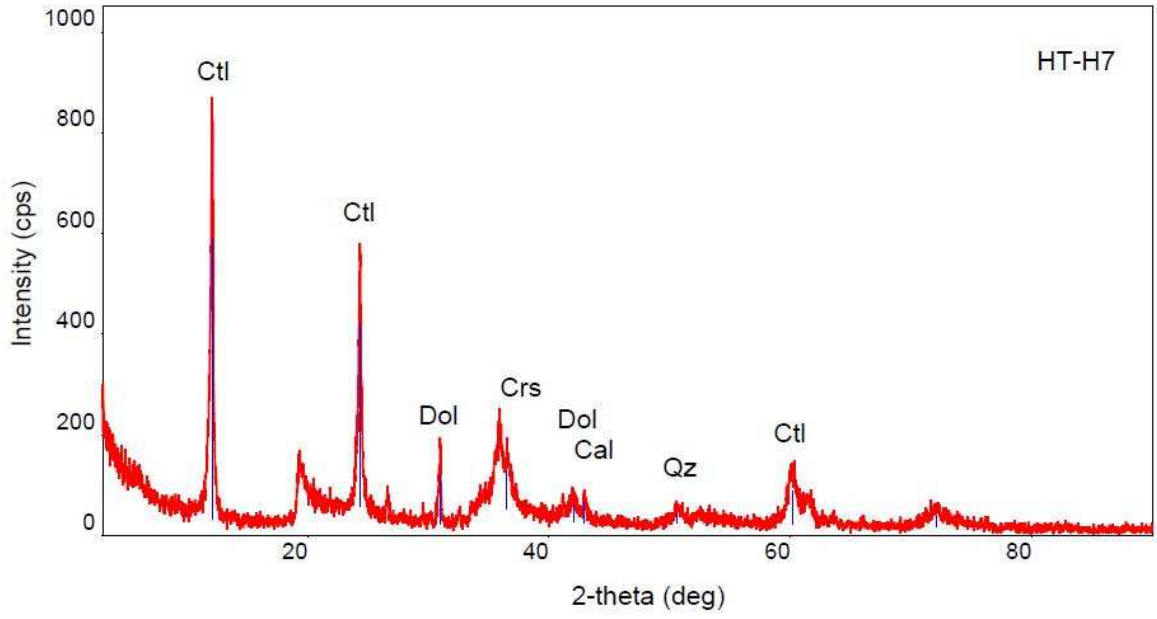


Şekil 3.32. 2011 Haziran ayı HT-H5 nolu örneğin XRD çözümlemesi. Anl: Analsim, Atg: Antigorit, Cal: Kalsit, Crn: Korund, Hem: Hematit, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Sme: Simektit, Spl: Spinel

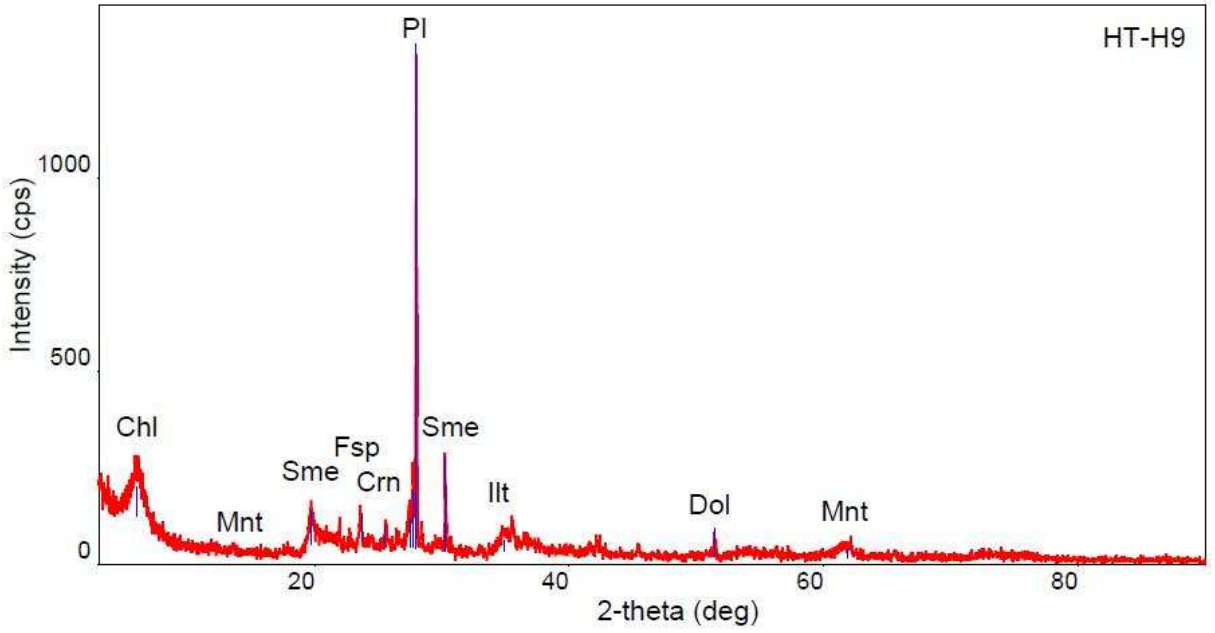


Şekil 3.33. 2011 Haziran ayı HT-H6 nolu örneğin XRD çözümlemesi. Chl: Klorit, Ctl: Krizotil, En: Enstatit, Spl: Spinel, Qz: Kuvars

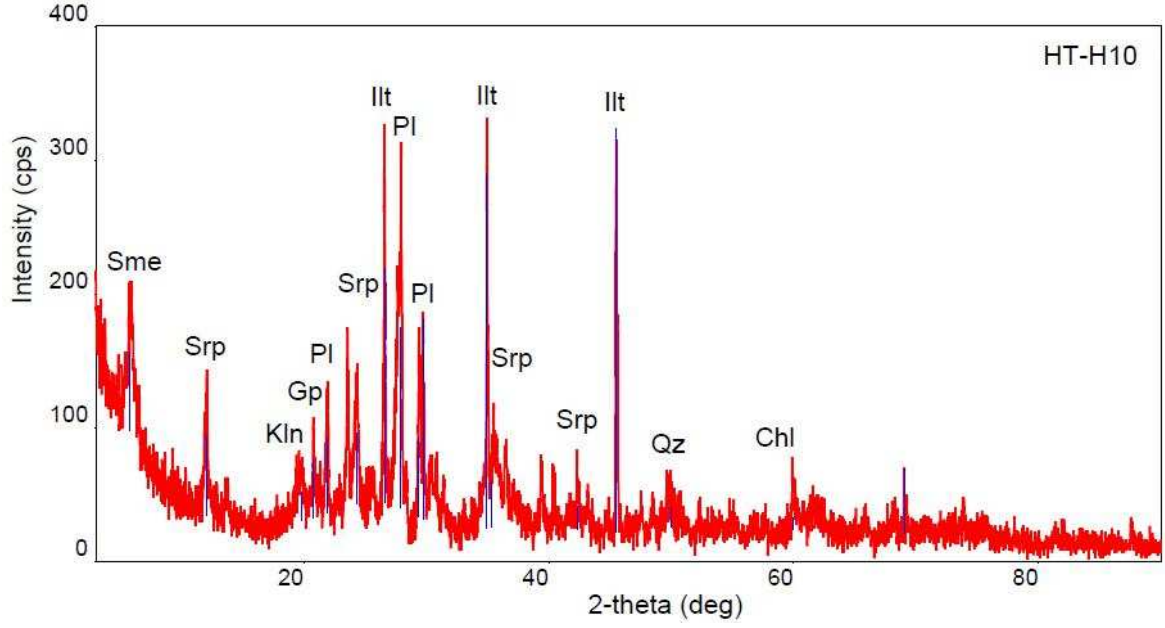




Şekil 3.34. 2011 Haziran ayı HT-H7 nolu örneğin XRD çözümü. Cal: Kalsit, Ctl: Krizotil, Crs: Kristobalit, Dol: Dolomit, Qz: Kuvars



Şekil 3.35. 2011 Haziran ayı HT-H9 nolu örneğin XRD çözümü. Chl: Klorit, Crn: Korund, Dol: Dolomit, Fsp: Feldispat, Ill: İllit, Mnt: Montmorillonit, Sme: Simektit, Pl: Plajiyoklas



Şekil 3.36. 2011 Haziran ayı HT-H10 nolu örneğin XRD çözümü. Chl: Klorit, Gp: Jips, Illt: İllit, Kln: Kaolinit, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Sme: Simektit, Srp: Serpantin

### 3.6.2. Pasa, Toprak ve Bazı Dere Sedimentlerinin Kurak Dönem Sonu Mineralojik Bileşimi

HT-E1; Dikilitaş derenin batı kolundan alınan örnektir. Örneğinin XRD çözümlemesinde krizotil, serpantin ve spinel (kromit) mineraline plajiyoklas + kuvars + klorit + analsim (zeolit türü) minerallerinin eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 3.37).

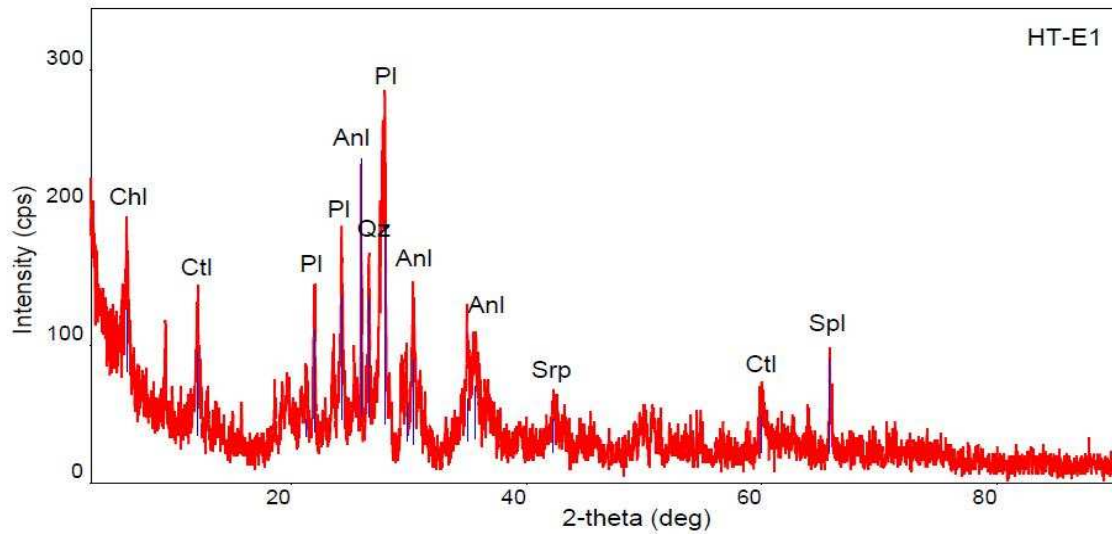
HT-E3; Dikilitaş deresinin doğu ve batı kolunun birleşme noktasının mansabından alınan örnektir. Örneğinin XRD çözümlemesinde ana mineralin serpantin grubundan krizotil olduğu ve krizotile garniyerit (nikel silikat) ve kuvarşın eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 3.38). Bu durum işletme pasasının önemli oranda serpantin minerali içerdiğini göstermektedir.

HT-E5; Dikilitaş deresinin doğu kolundan alınan örnektir. Örneğinin XRD çözümlemesinde ana mineralin yine serpantin (krizotil) olduğu ve serpantine plajiyoklas, kuvars, dolomit ve kil mineralinin (simektit) eşlik ettiği belirlenmiştir (Şekil 3.39). Örneğin mineralojik bileşimi işletme pasası ile oldukça benzerdir.

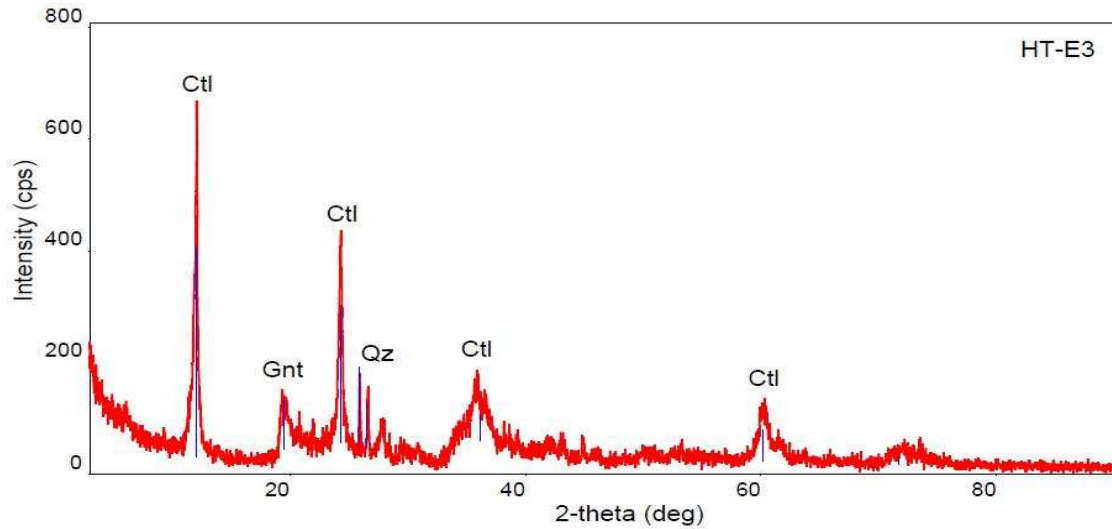
HT-E6; Hasangazi köyünün doğusunda ocak etkisinin olamayacağı (Hasangazi derenin, ocaktan gelen Dikilitaş dere ile birleşmeden önceki memba kısmında) alanda Hasangazi deresi sedimentinden alınan örnektir. Örneğin XRD çözümlemesinde ise ana

minerallerin kuvars, kristobalit, kalsit, klorit, garniyerit (nikel silikat), plajiyoklas ve kil (simektit) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.40).

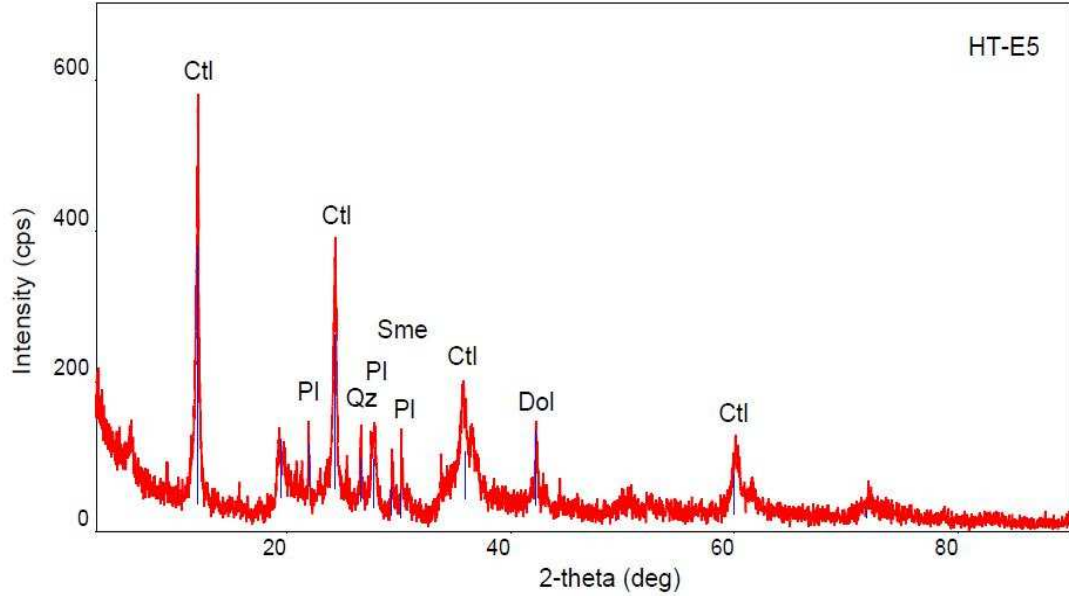
HT-E7; Krom işletmesinden gelen Dikilitaş deresinin Hasangazi deresine birleştiği noktadaki Hasangazi dere sedimentinden alınan örnektir. Örneğin XRD çözümlemesinde ise tekrar krizotil, antigorit gibi serpantin mineralleri ve spinel (kromit) ile birlikte plajiyoklas, kalsit, klorit, kuvars, diaspor, garniyerit ve klorit minerallerinin varlığı belirlenmiştir (Şekil 3.41).



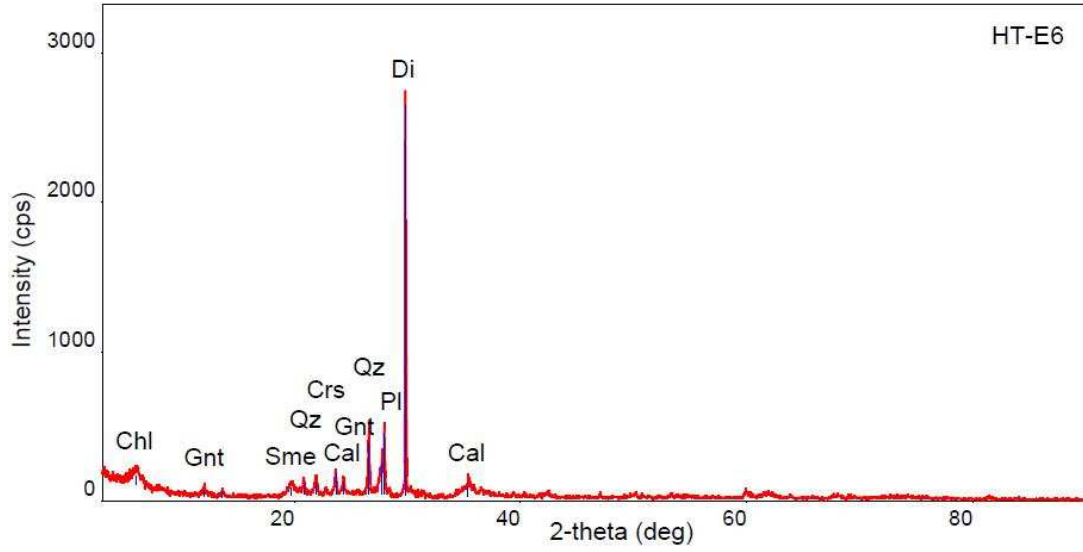
Şekil 3.37. 2011 Ekim ayı HT-E1 nolu örneğin XRD çözümlemesi. Anl: Analcime, Chl: Klorit, Ctl: Krizotil, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Spl: Spinel, Srp: Serpentine



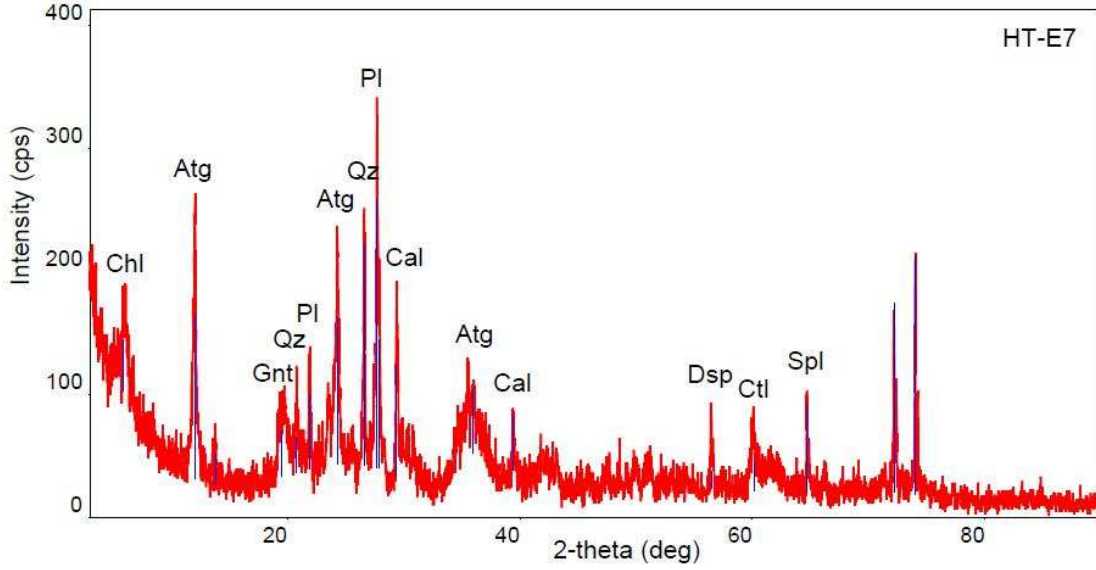
Şekil 3.38. 2011 Haziran ayı HT-E3 nolu örneğin XRD çözümlemesi. Ctl: Krizotil, Gnt: Garniyerit, Qz: Kuvars



**Şekil 3.39.** 2011 Haziran ayı HT-E5 nolu örneğin XRD çözümü. Ctl: Krizotil, Dol: Dolomit, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Sme: Smectite



**Şekil 3.40.** 2011 Ekim ayı HT-E6 nolu örneğin XRD çözümü. Cal: Calcite, Chl: Klorit, Crs: Cristobalite, Gnt: Garniyerit, Pl: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Sme: Smectite



**Şekil 3.41.** 2011 Ekim ayı HT-E7 nolu örneğin XRD çözümü. Atg: Antigorite, Cal: Calcite, Chl: Klorit, Ctl: Krizotil, Dsp: Diaspore, Gnt: Garniyerit, PI: Plajiyoklas, Qz: Kuvars, Spl: Spinel

### 3.7. Sediment Örneklerinin Kimyasal Analizleri

2011 yılı Haziran ve Ekim aylarında çalışma alanındaki Dikilitaş ve Hasangazi Derelerinden alınan toplam 12 adet sediment örneğinin ana oksit ve iz element analizi yapılmıştır. Haziran ve Ekim aylarında ölçülen değerlerin mevsimsel değişimlerini tespit etmek için Man Whitney U testi kullanılmıştır (Tablo 3.3 ve Tablo 3.4).

Ana oksit ve iz elementlerin birbirleri arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Spearman korelasyon analizi kullanılmıştır (Tablo 3.5 ve Tablo 3.6).

Türkiye’de henüz mevzuat ve/veya yönetmelik bazında, sediment kalite izleme, belirleme ve koruma çalışmaları mevcut olmadığı için Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansının (USEPA, United States Environmental Protection Agency) geliştirdiği metodlar ülke genelinde yapılacak tüm sediment çalışmalarında baz alınabilir. Literatürde de dünyanın ileri ülkelerinde henüz sediment kalite standartları değil, ancak bölgesel olarak kriter çalışmaları yapılmaktadır (Dökmeci, 2004).

Hasangazi Köyü ve çevresinde daha önceden sediment çalışmalarına rastlanılmadığından ve sediment kalite kriterleri Türkiye’de mevcut olmadığından; bu çalışmada USEPA standartlarında yer alan As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ve Zn iz elementleri değerlendirilmiştir. Sediment örnekleri USEPA’nın belirlediği Sediment Kalite Kriterlerine (USEPA, 2002) göre ERL (Düşük Etki Aralığı) ve ERM (Orta Etki Aralığı) sınır değerleri

ile karşılaştırılmıştır (Tablo 3.4). Ayrıca ölçölen iz element değerlerinin, Haziran ve Ekim ayları için ayrı ayrı, ERL ve ERM değerleri ile normalizasyonu yapılarak kirlilik durumu ortaya çıkarılmıştır (şekil 3.54, şekil 3.55, şekil 3.56 ve şekil 3.57).

**Tablo 3.3.** İnceleme alanından alınan sediment örneklerine ait ana oksit analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreleri

Örnek No		Ana Oksitler (%)										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
HAZİRAN	HT-H <sub>1</sub>	48.38	14.88	8.35	8.99	4.58	2.69	1.66	0.7	0.22	0.16	0.070
	HT-H <sub>3</sub>	48.47	15.86	8.21	6.78	6.75	3.35	1.67	0.75	0.21	0.14	0.033
	HT-H <sub>4</sub>	47.81	15.83	8.9	6.98	6.11	3.28	1.57	0.79	0.18	0.16	0.067
	HT-H <sub>5</sub>	49.19	16.32	9.07	5.72	7.07	3.56	1.58	0.85	0.2	0.16	0.021
	HT-H <sub>8</sub>	41.17	6.83	7.92	24.1	3.59	0.88	0.69	0.34	0.11	0.11	0.354
	HT-H <sub>10</sub>	49.61	13.52	7.21	7.74	6.83	2.61	2.02	0.74	0.19	0.12	0.154
	Minimum	41.17	6.83	7.21	5.72	3.59	0.88	0.69	0.34	0.11	0.11	0.021
	Maksimum	49.61	16.32	9.07	24.1	7.07	3.56	2.02	0.85	0.22	0.16	0.354
	Ortalama	47.250	13.672	8.262	10.264	6.070	2.736	1.506	0.694	0.178	0.138	0.125
	Standart Sapma	3.468	3.978	0.756	7.768	1.431	1.097	0.492	0.203	0.040	0.023	0.137
EKİM	HT-E <sub>1</sub>	48.98	15.86	8.14	7.15	5.87	3.58	1.68	0.72	0.17	0.14	0.257
	HT-E <sub>3</sub>	41.1	6.6	7.73	25.42	2.56	1.17	0.71	0.31	0.09	0.13	0.233
	HT-E <sub>5</sub>	43.57	9.86	8.17	19	3.83	2.13	1.05	0.49	0.14	0.13	0.226
	HT-E <sub>8</sub>	49.57	14.31	6.29	3.54	6.32	2.55	1.85	0.88	0.38	0.11	0.073
	HT-E <sub>6</sub>	50.81	14.08	7.36	6.41	3.3	1.86	1.61	0.84	0.21	0.13	0.116
	HT-E <sub>7</sub>	46.1	11.49	6.95	12.63	5.98	2.19	1.65	0.56	0.18	0.11	0.107
	Minimum	41.1	6.6	6.29	3.54	2.56	1.17	0.71	0.31	0.09	0.11	0.073
	Maksimum	50.81	15.86	8.17	25.42	6.32	3.58	1.85	0.88	0.38	0.14	0.257
	Ortalama	46.806	12.142	7.538	12.304	4.376	2.258	1.380	0.648	0.198	0.128	0.143
	Standart Sapma	4.226	3.814	0.773	9.420	1.641	0.893	0.480	0.242	0.111	0.011	0.131
MW	12.00	8.50	6.00	12.00	4.00	9.00	12.00	11.00	11.50	9.00	12.00	
p	0,917	0,402	0,175	0,917	0,076	0,465	0,917	0,754	0,834	0,455	0,917	

MW: Man Whitney U anlamlılık değeri p: anlamlılık değeri. Ortalama ve standart sapma hesaplanırken HT-H1 ve HT-E7 noktalarından yağışlı ve kurak dönemde bir kere örnekleme yapıldığından değerlendirmeye alınmamıştır.

**Tablo 3.4.** İnceleme alanından alınan sediment örneklerine ait iz element analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreleri ile USEPA'nın belirlediği sediment kalite kriterleri

Örnek No		İz Elementler (mg/kg)								
		As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn	
HAZİRAN	HT-H <sub>1</sub>	4.3	0.1	479	48	13.8	0.03	350.5	68	
	HT-H <sub>3</sub>	2.9	0.1	226	45.9	7.9	<0.01	139.5	66	
	HT-H <sub>4</sub>	2.9	0.1	458	45.9	12.2	<0.01	144	73	
	HT-H <sub>5</sub>	2.9	0.1	144	44	7.4	<0.01	59.8	73	
	HT-H <sub>8</sub>	2	<0.1	2422	28.4	4	<0.01	1311	43	
	HT-H <sub>10</sub>	5.3	0.1	1054	28.9	9.6	<0.01	258.3	55	
	Minimum	2	<0.1	144	28.4	4	<0.01	59.8	43	
	Maksimum	5.3	0.1	2422	48	13.8	0.03	1311	73	
	Ortalama	3.200	0.098	860.800	38.620	8.220	0.009	382.520	62.00	
	Standart Sapma	1.237	0.004	942.562	9.136	3.014	0.000	523.833	12.92	
EKİM	HT-E <sub>1</sub>	3.1	<0.1	1758	44.4	7.3	0.01	181.7	66	
	HT-E <sub>3</sub>	2.2	<0.1	1584	25.6	3.8	0.02	1153	43	
	HT-E <sub>5</sub>	2.2	<0.1	1546	37.2	5.1	0.02	871.9	61	
	HT-E <sub>8</sub>	2.6	0.2	499	32.6	7.4	0.01	141.4	71	
	HT-E <sub>6</sub>	7	0.1	794	35.8	13.1	0.01	337.2	60	
	HT-E <sub>7</sub>	4.5	0.1	732	26.5	6.8	0.01	558.1	49	
	Minimum	2.2	<0.1	499	25.6	3.8	0.01	141.4	43	
	Maksimum	4.5	0.2	1758	44.4	13.1	0.02	1153	71	
	Ortalama	3.200	0.114	1236.200	35.120	7.340	0.014	537.040	60.20	
	Standart Sapma	2.035	0.048	554.126	6.854	3.561	0.005	451.185	10.56	
	MW	12.00	9.50	7.00	9.00	8.50	0.00	8.00	10.00	
	p	0,916	0,488	0,251	0,463	0,402	0,005	0,347	0,598	
	USEPA	ERL	33	5	80	70	35	0.15	30	120
		ERM	85	9	145	390	110	1.3	50	270

\*Ortalama ve standart sapma hesaplanırken HT-H1 ve HT-E7 noktalarından yağışlı ve kurak dönemde bir kere örnekleme yapıldığından değerlendirmeye alınmamıştır.

## SiO<sub>2</sub>

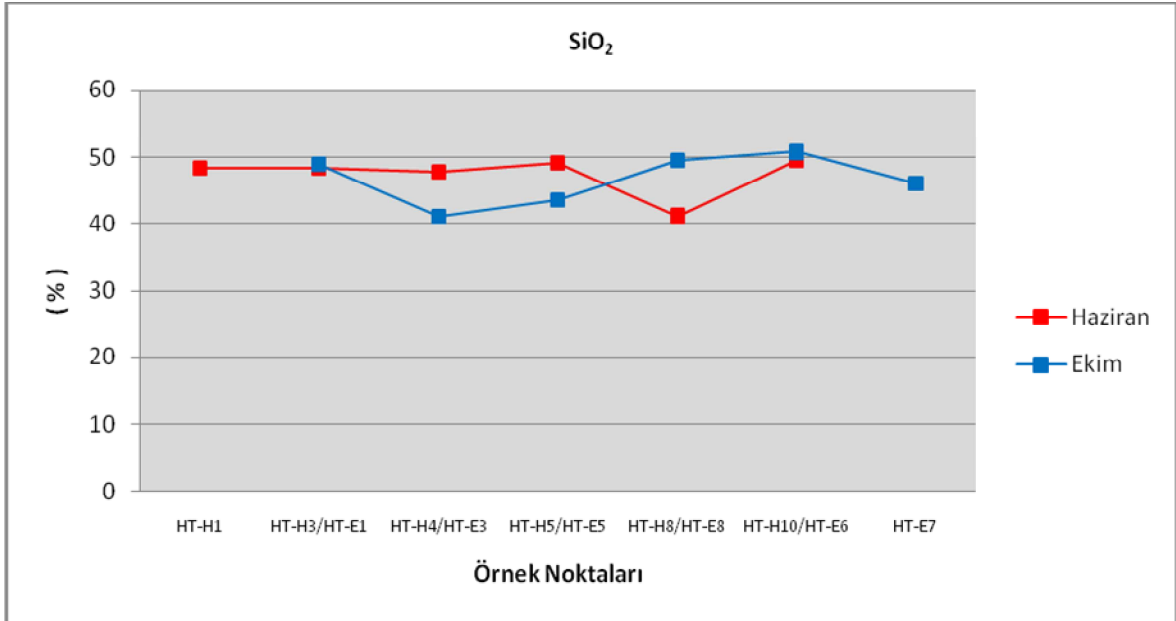
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde SiO<sub>2</sub> miktarı % 41.17 ile % 49.61 arasında değişmekte olup ortalama % 47.25'dir (Şekil 3.42). 6 örnekleme noktasında ölçülen SiO<sub>2</sub> miktarı, minimum % 41.17 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 49.61 olarak Hasangazi Deresi sedimentinde (HT-H10) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde SiO<sub>2</sub> miktarı % 41.1 ile % 50.81 arasında değişmekte olup ortalama % 46.806'dır (Şekil 3.42). 6 örnekleme noktasında ölçülen SiO<sub>2</sub> miktarı, minimum % 41.1 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 50.81 olarak Hasangazi Deresi sedimentinde (HT-E6) ölçülmüştür.



Haziran ve Ekim aylarında ölçülen SiO<sub>2</sub> miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin SiO<sub>2</sub> ve CaO değerleri arasında r = 0.88 değerinde (p=0,019<0.05) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre SiO<sub>2</sub> miktarı arttıkça CaO miktarı da artmaktadır.



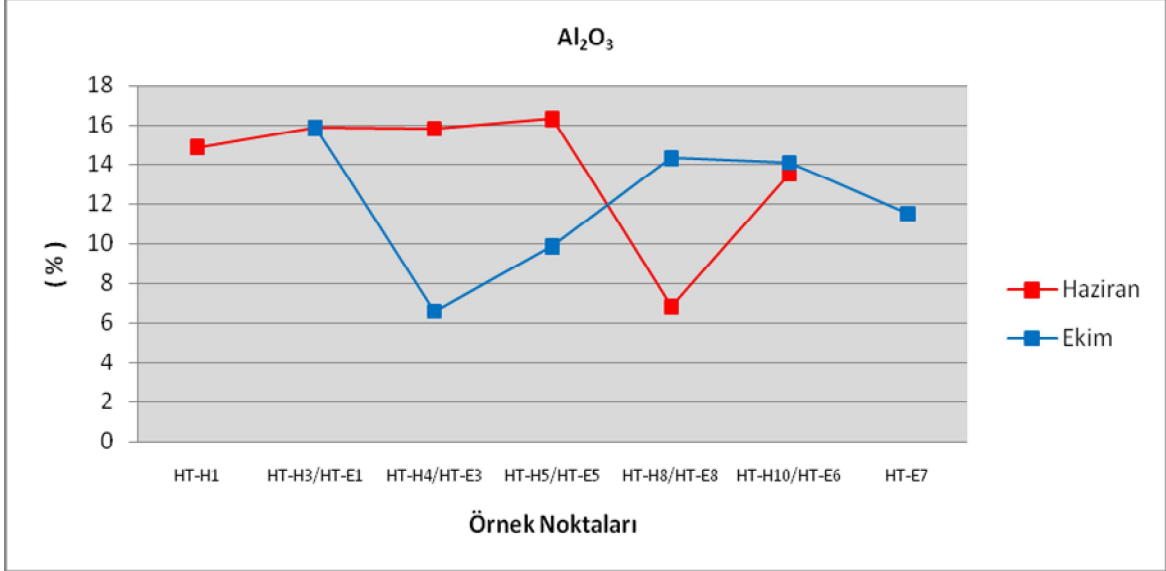
Şekil 3.42. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki SiO<sub>2</sub> miktarları

### Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 6.83 ile % 16.32 arasında değişmekte olup ortalama % 13.672'dir. (Şekil 3.43) 6 örnekleme noktasında ölçülen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı, minimum % 6.83 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 16.32 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentinde (HT-H5) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 6.6 ile % 15.86 arasında değişmekte olup ortalama % 12.142'dir (Şekil 3.43). 6 örnekleme noktasında ölçülen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı, minimum % 6.6 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 15.86 olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan sedimentte (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen  $Al_2O_3$  miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).



Şekil 3.43. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki  $Al_2O_3$  miktarları

Tablo 3.5. Haziran 2011 dönemi sedimentlere ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
SiO <sub>2</sub>	1.00																	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37	1.00																
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.08	0.77	1.00															
MgO	-0.54	<b>-0.94</b>	-0.60	1.00														
CaO	<b>0.88</b>	0.65	0.25	<b>-0.82</b>	1.00													
Na <sub>2</sub> O	0.37	<b>1.00</b>	0.77	<b>-0.94</b>	0.65	1.00												
K <sub>2</sub> O	<b>0.82</b>	0.14	-0.37	-0.25	0.54	0.14	1.00											
TiO <sub>2</sub>	0.42	<b>0.88</b>	0.71	<b>-0.94</b>	0.77	<b>0.88</b>	0.08	1.00										
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.42	0.48	0.25	-0.31	0.25	0.48	0.60	0.14	1.00									
MnO	0.09	0.69	<b>0.88</b>	-0.51	0.27	0.69	-0.03	0.63	0.51	1.00								
As	0.69	-0.03	-0.21	-0.03	0.39	-0.03	<b>0.82</b>	0.03	0.51	0.22	1.00							
Cd	0.65	0.65	0.39	-0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.69	0.69	1.00						
Cr	-0.37	<b>-1.00</b>	-0.77	<b>0.94</b>	-0.65	<b>-1.00</b>	-0.14	<b>-0.88</b>	-0.48	-0.69	0.03	-0.65	1.00					
Cu	-0.02	0.46	0.49	-0.23	-0.05	0.46	0.23	0.23	0.75	0.77	0.33	0.66	-0.46	1.00				
Pb	0.08	0.02	0.14	0.08	-0.08	0.02	0.37	0.02	0.48	0.57	0.69	0.65	-0.02	0.78	1.00			
Hg	-0.13	-0.13	0.13	0.39	-0.39	-0.13	0.13	-0.39	0.65	0.41	0.41	0.20	0.13	0.66	0.65	1.00		
Ni	-0.54	<b>-0.94</b>	-0.60	<b>1.00</b>	<b>-0.82</b>	<b>-0.94</b>	-0.25	<b>-0.94</b>	-0.31	-0.51	-0.03	-0.65	<b>0.94</b>	-0.23	0.08	0.39	1.00	
Zn	0.11	0.78	<b>0.92</b>	-0.66	0.40	0.78	-0.11	<b>0.81</b>	0.31	<b>0.95</b>	0.09	0.66	-0.78	0.60	0.40	0.13	-0.66	1.00

\*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0,01 düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise p<0,05 düzeyinde anlamlıdır. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limitinin alt değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.6. Ekim 2011 dönemi sedimentlere ait bazı ana oksit ve iz elementlerin Pearson korelasyon matrisi

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
SiO <sub>2</sub>	1.00																	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.77	1.00																
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.48	-0.25	1.00															
MgO	<b>-0.94</b>	<b>-0.82</b>	0.60	1.00														
CaO	0.37	0.60	-0.54	-0.60	1.00													
Na <sub>2</sub> O	0.37	<b>0.82</b>	-0.14	-0.54	<b>0.82</b>	1.00												
K <sub>2</sub> O	0.65	<b>0.88</b>	-0.54	<b>-0.82</b>	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	1.00											
TiO <sub>2</sub>	<b>0.94</b>	<b>0.82</b>	-0.60	<b>-1.00</b>	0.60	0.54	<b>0.82</b>	1.00										
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>0.88</b>	0.65	-0.77	<b>-0.94</b>	0.65	0.42	0.77	<b>0.94</b>	1.00									
MnO	-0.09	0.15	0.80	0.24	-0.55	0.00	-0.27	-0.24	-0.52	1.00								
As	0.75	0.52	-0.43	-0.58	0.20	0.20	0.40	0.58	0.63	-0.09	1.00							
Cd	0.67	0.37	<b>-0.92</b>	-0.77	0.61	0.21	0.61	0.77	<b>0.92</b>	-0.78	0.50	1.00						
Cr	-0.42	-0.08	<b>0.82</b>	0.54	-0.60	-0.08	-0.42	-0.54	-0.77	<b>0.92</b>	-0.29	<b>-0.92</b>	1.00					
Cu	0.37	0.60	0.54	-0.31	0.14	0.54	0.31	0.31	0.08	0.61	0.14	-0.27	0.37	1.00				
Pb	<b>1.00</b>	0.77	-0.48	<b>-0.94</b>	0.37	0.37	0.65	<b>0.94</b>	<b>0.88</b>	-0.09	0.75	0.67	-0.42	0.37	1.00			
Hg	<b>-0.82</b>	<b>-0.82</b>	0.62	<b>0.82</b>	-0.62	-0.62	<b>-0.82</b>	<b>-0.82</b>	<b>-0.82</b>	0.22	<b>-0.84</b>	-0.67	0.41	-0.20	<b>-0.82</b>	1.00		
Ni	<b>-0.82</b>	<b>-0.94</b>	0.48	<b>0.94</b>	-0.71	-0.77	<b>-0.94</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.82</b>	0.12	-0.46	-0.61	0.37	-0.42	<b>-0.82</b>	<b>0.82</b>	1.00	
Zn	0.54	0.77	-0.08	-0.71	0.65	0.77	0.77	0.71	0.54	0.03	0.00	0.30	-0.20	0.65	0.54	-0.41	<b>-0.82</b>	1.00

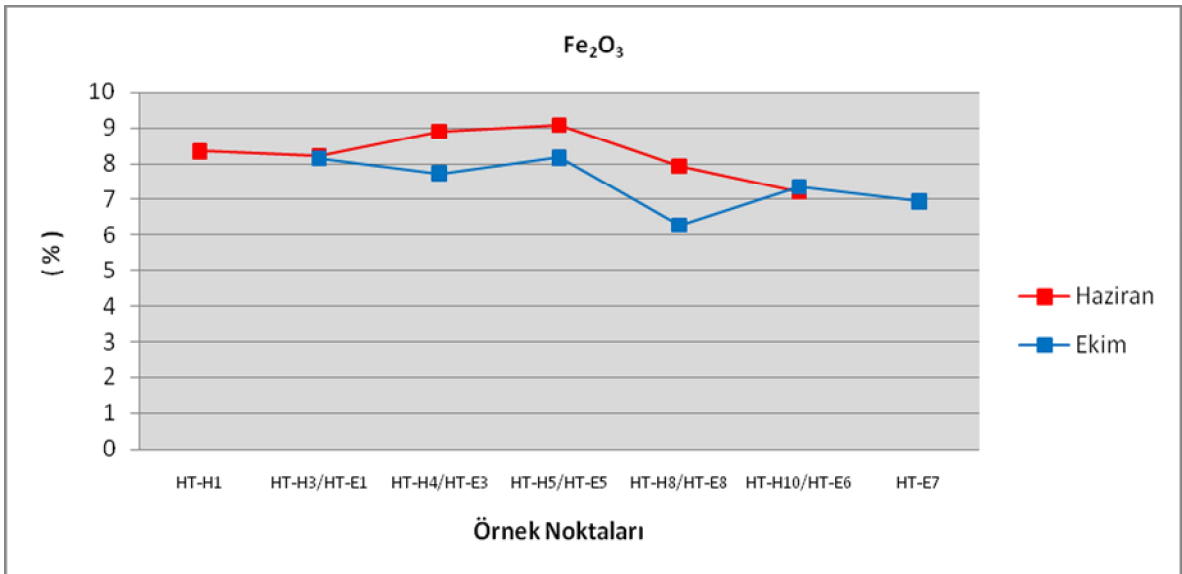
\*Koyu kırmızı renkli olanlar p<0,01 düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise p<0,05 düzeyinde anlamlıdır. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limitinin alt değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

## Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 7.21 ile % 9.07 arasında değişmekte olup ortalama % 8.262'dir (Tablo 2). 6 örnekleme noktasında ölçülen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı, minimum % 7.21 olarak Hasangazi Deresi sedimentinde (HT-H10), maksimum % 9.07 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-H5) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 6.29 ile % 8.17 arasında değişmekte olup ortalama % 7.538'dir (Tablo 2). 6 örnekleme noktasında ölçülen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı, minimum % 6.29 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), maksimum % 8.17 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-E5) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).



Şekil 3.44. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarları

## MgO

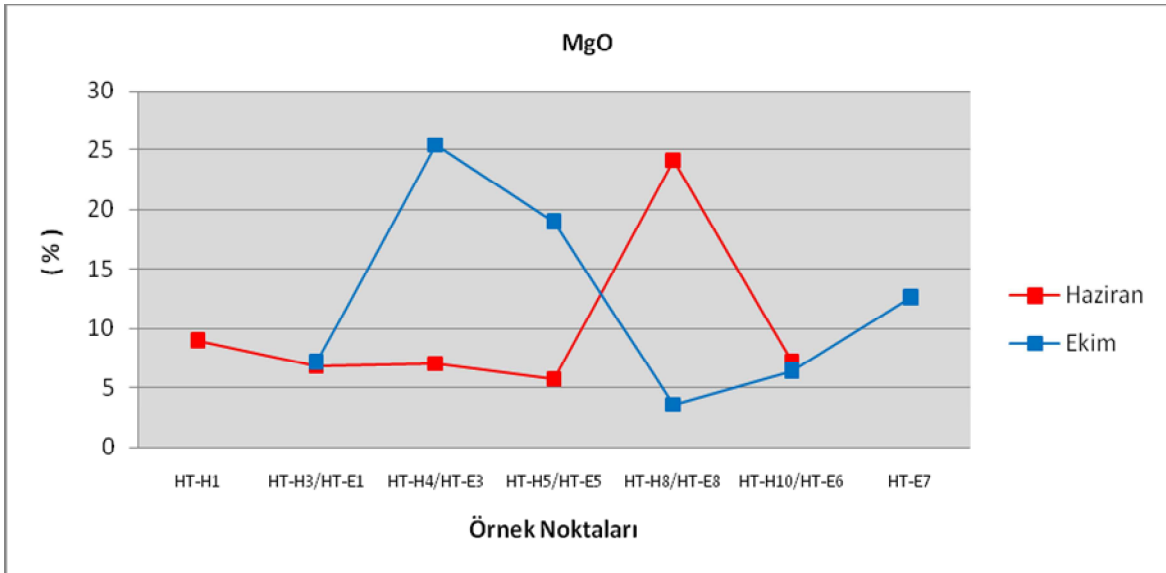
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde MgO miktarı % 5.72 ile % 24.1 arasında değişmekte olup ortalama % 10.264'dir (Şekil 3.45). 6 örnekleme noktasında

ölçülen MgO miktarı, minimum % 5.72 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-H5), maksimum % 24.1 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde MgO miktarı % 3.54 ile % 25.42 arasında değişmekte olup ortalama % 7.538'dir (Şekil 3.45). 6 örnekleme noktasında ölçülen MgO miktarı, minimum % 3.54 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), maksimum % 25.42 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen MgO miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin MgO ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0,005<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre MgO miktarı arttıkça  $Al_2O_3$  miktarı azalmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinde ise, MgO ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0,042<0.05$ ), MgO ve  $SiO_2$  değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0,005<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre MgO miktarı arttıkça  $Al_2O_3$  ve  $SiO_2$  miktarları azalmaktadır.



Şekil 3.45. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki MgO miktarları

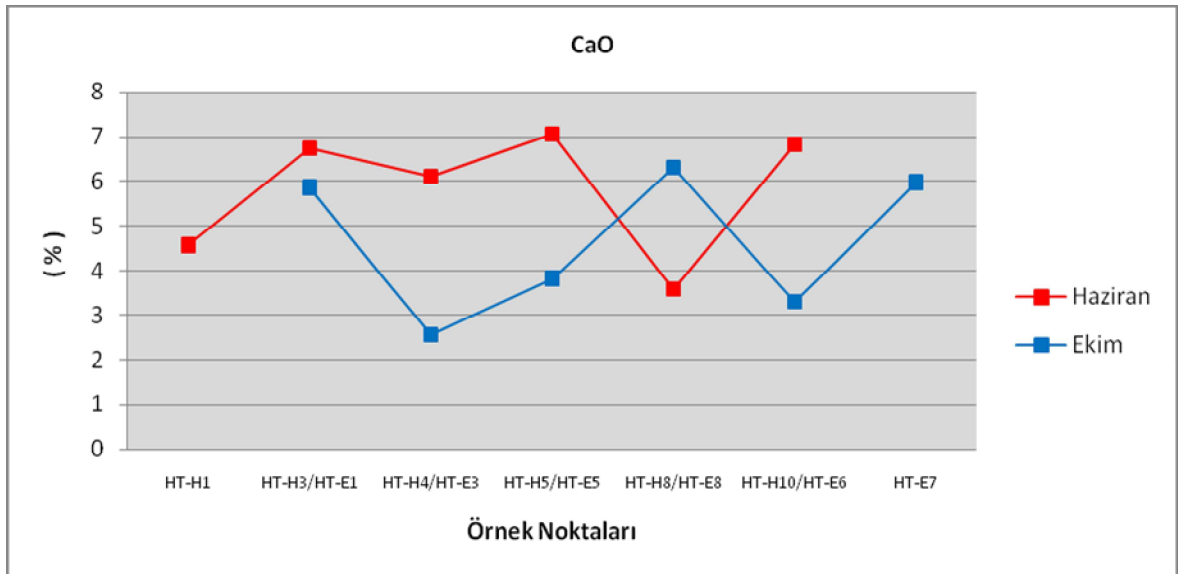
## CaO

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde CaO miktarı % 3.59 ile % 7.07 arasında değişmekte olup ortalama % 6.07'dir (Şekil 3.46). 6 örnekleme noktasında ölçülen CaO miktarı, minimum % 3.59 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 7.07 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-H5) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde CaO miktarı % 2.56 ile % 6.32 arasında değişmekte olup ortalama % 4.376'dır (Şekil 3.46). 6 örnekleme noktasında ölçülen CaO miktarı, minimum % 2.56 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 6.32 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen CaO miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin CaO ve SiO<sub>2</sub> değerleri arasında  $r = 0.88$  değerinde ( $p=0,019<0.05$ ) pozitif bir korelasyon, CaO ve MgO değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0,042<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre CaO miktarı arttıkça SiO<sub>2</sub> miktarı artmakta, MgO miktarı ise azalmaktadır.



Şekil 3.46. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki CaO miktarları

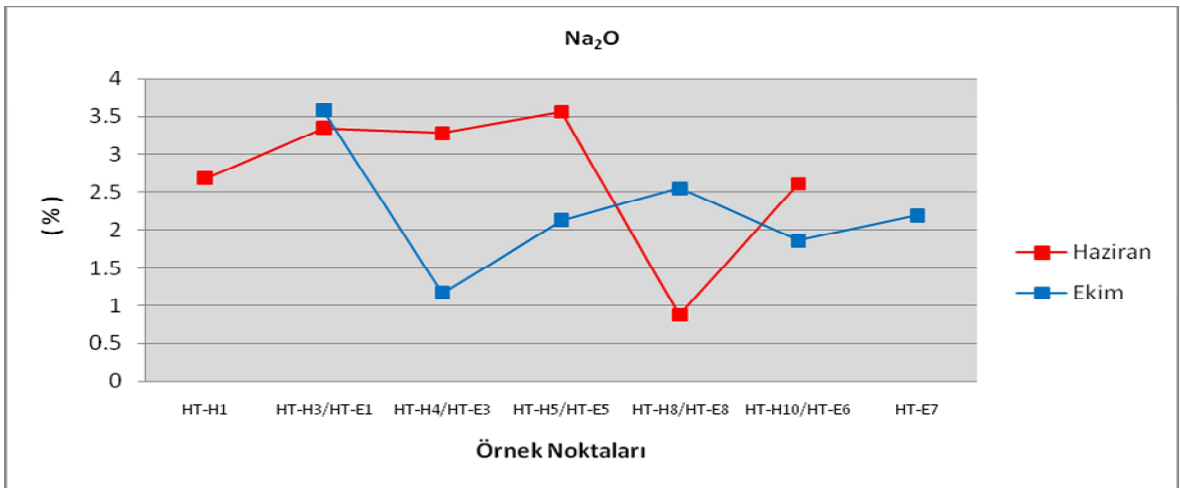
## Na<sub>2</sub>O

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Na<sub>2</sub>O miktarı % 0.88 ile % 3.56 arasında değişmekte olup ortalama % 2.736'dır (Şekil 3.47). 6 örnekleme noktasında ölçülen Na<sub>2</sub>O miktarı, minimum % 0.88 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 3.56 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-H5) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Na<sub>2</sub>O miktarı % 1.17 ile % 3.58 arasında değişmekte olup ortalama % 4.376'dır (Şekil 3.47). 6 örnekleme noktasında ölçülen Na<sub>2</sub>O miktarı, minimum % 1.17 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 3.58 olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan sedimentte (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Na<sub>2</sub>O miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Na<sub>2</sub>O ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri arasında r = 1 değerinde (p=0,000<0.05) pozitif bir korelasyon, Na<sub>2</sub>O ve MgO değerleri arasında r = - 0.94 değerinde (p=0,005<0.05) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Na<sub>2</sub>O miktarı arttıkça Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı artmakta, MgO miktarı ise azalmaktadır.



Şekil 3.47. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Na<sub>2</sub>O miktarları

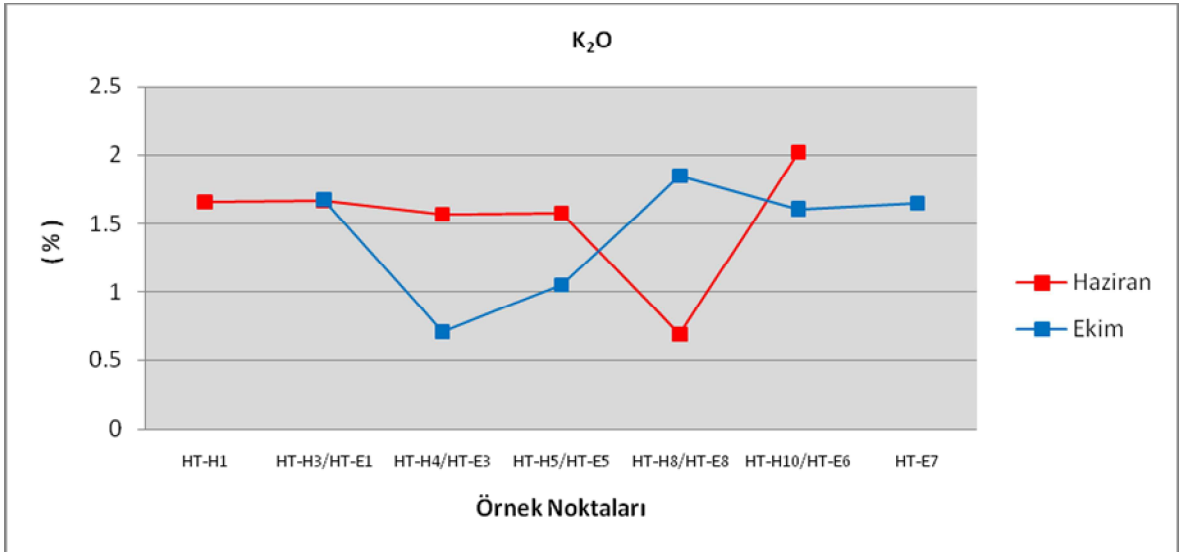


## K<sub>2</sub>O

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde K<sub>2</sub>O miktarı % 0.69 ile % 2.02 arasında değişmekte olup ortalama % 1.506'dır (Şekil 3.48). 6 örnekleme noktasında ölçülen K<sub>2</sub>O miktarı, minimum % 0.69 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 2.02 olarak Hasangazi Deresi sedimentinde (HT-H10) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde K<sub>2</sub>O miktarı % 0.71 ile % 1.85 arasında değişmekte olup ortalama % 1.380'dir (Şekil 3.48). 6 örnekleme noktasında ölçülen K<sub>2</sub>O miktarı, minimum % 0.71 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 1.85 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen K<sub>2</sub>O miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).



Şekil 3.48. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki K<sub>2</sub>O miktarları

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin K<sub>2</sub>O ve SiO<sub>2</sub> değerleri arasında r = 0.82 değerinde (p=0,042<0.05) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre K<sub>2</sub>O miktarı arttıkça SiO<sub>2</sub> miktarı da artmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin K<sub>2</sub>O ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri arasında r = 0.88 değerinde (p=0,019<0.05), K<sub>2</sub>O ve CaO değerleri arasında r = 0.88 değerinde (p=0,019<0.05), K<sub>2</sub>O ve Na<sub>2</sub>O değerleri arasında r = 0.88

değerinde ( $p=0,019<0.05$ ) pozitif bir korelasyon,  $K_2O$  ve  $MgO$  değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0,042<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre  $K_2O$  miktarı arttıkça  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  ve  $Na_2O$  miktarı artmakta,  $MgO$  miktarı ise azalmaktadır.

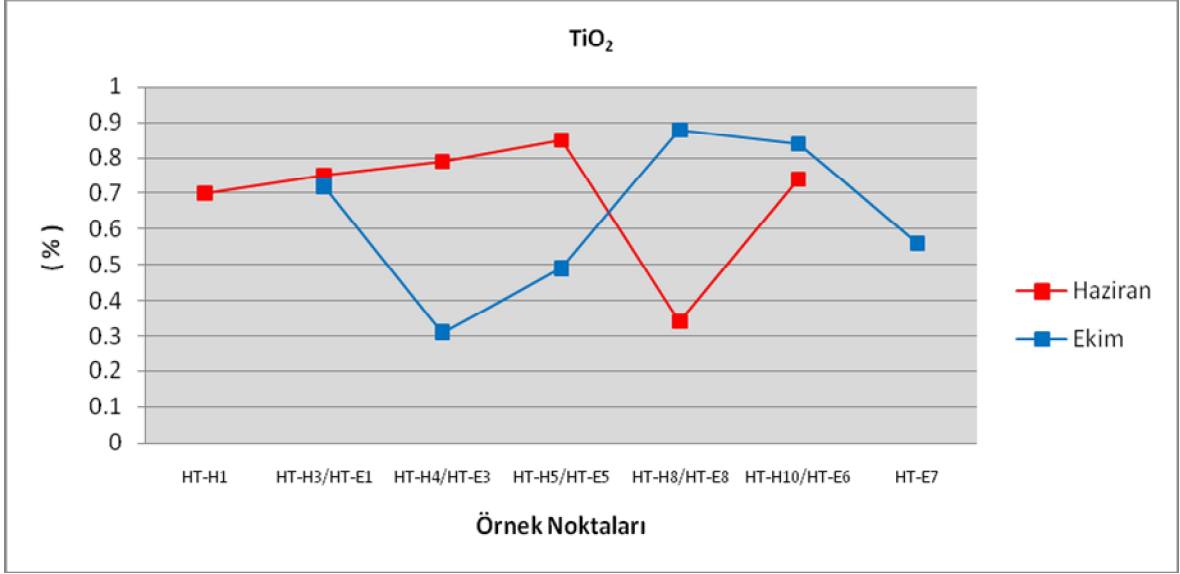
## **TiO<sub>2</sub>**

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde  $TiO_2$  miktarı % 0.34 ile % 0.85 arasında değişmekte olup ortalama % 0.694'dır (Şekil 3.49). 6 örnekleme noktasında ölçülen  $TiO_2$  miktarı, minimum % 0.34 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 0.85 olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan sedimentte (HT-H5) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde  $TiO_2$  miktarı % 0.31 ile % 0.88 arasında değişmekte olup ortalama % 0.648'dir (Şekil 3.49). 6 örnekleme noktasında ölçülen  $TiO_2$  miktarı, minimum % 0.31 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 0.88 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen  $TiO_2$  miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin  $TiO_2$  ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = 0.88$  değerinde ( $p=0,019<0.05$ ),  $TiO_2$  ve  $Na_2O$  değerleri arasında  $r = 0.88$  değerinde ( $p=0,019<0.05$ ) pozitif bir korelasyon,  $TiO_2$  ve  $MgO$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0,005<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre  $TiO_2$  miktarı arttıkça  $Al_2O_3$  ve  $Na_2O$  miktarı artmakta,  $MgO$  miktarı ise azalmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin  $TiO_2$  ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = 0.82$  değerinde ( $p=0,042<0.05$ ),  $TiO_2$  ve  $SiO_2$  değerleri arasında  $r = 0.94$  değerinde ( $p=0,005<0.05$ ),  $TiO_2$  ve  $K_2O$  değerleri arasında  $r = 0.82$  değerinde ( $p=0,042<0.05$ ) pozitif bir korelasyon,  $TiO_2$  ve  $MgO$  değerleri arasında  $r = -1$  değerinde ( $p=0,000<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre  $TiO_2$  miktarı arttıkça  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  ve  $K_2O$  miktarı artmakta,  $MgO$  miktarı ise azalmaktadır.



Şekil 3.49. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki TiO<sub>2</sub> miktarları

## P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

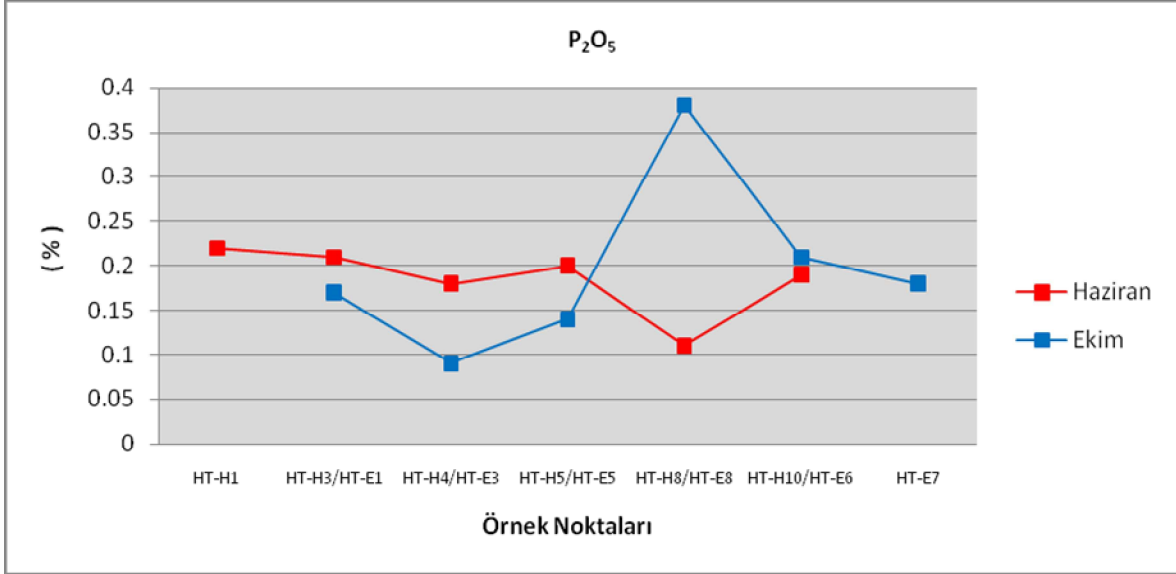
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı % 0.11 ile % 0.22 arasında değişmekte olup ortalama % 0.178'dir (Şekil 3.50). 6 örnekleme noktasında ölçülen P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı, minimum % 0.11 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 0.22 olarak Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan sedimentte (HT-H1) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı % 0.09 ile % 0.38 arasında değişmekte olup ortalama % 0.198'dir (Şekil 3.50). 6 örnekleme noktasında ölçülen P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı, minimum % 0.09 olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum % 0.38 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve SiO<sub>2</sub> değerleri arasında r = 0.88 değerinde (p=0,019<0.05), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve TiO<sub>2</sub> değerleri arasında r = 0.94 değerinde (p=0,005<0.05) pozitif bir korelasyon, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve MgO değerleri arasında r = -0.94 değerinde

( $p=0,005<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre  $P_2O_5$  miktarı arttıkça  $SiO_2$  ve  $TiO_2$  miktarı artmakta,  $MgO$  miktarı ise azalmaktadır.



Şekil 3.50. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki  $P_2O_5$  miktarları

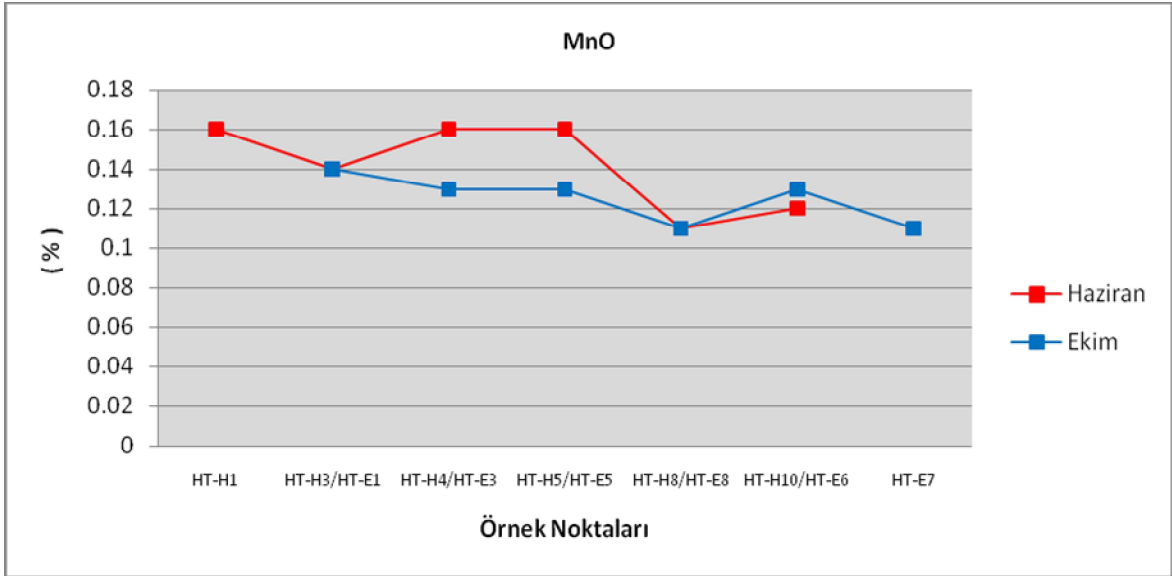
## MnO

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde MnO miktarı % 0.11 ile % 0.16 arasında değişmekte olup ortalama % 0.138'dir (Şekil 3.51). 6 örnekleme noktasında ölçülen MnO miktarı, minimum % 0.11 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum % 0.16 olarak Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan sedimentte (HT-H1), Dikilitaş deresi doğu kolu ve doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-H5, HT-H4) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde MnO miktarı % 0.11 ile % 0.14 arasında değişmekte olup ortalama % 0.128'dir (Şekil 3.51). 6 örnekleme noktasında ölçülen MnO miktarı, minimum % 0.11 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde ve Dikilitaş Deresi ile Hasangazi deresi birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E8, HT-E7), maksimum % 0.14 olarak Dikilitaş Deresi batı kolu sedimentinde (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen MnO miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin MnO ve  $Fe_2O_3$  değerleri arasında  $r = 0.88$  değerinde ( $p=0,021<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre MnO miktarı arttıkça  $Fe_2O_3$  miktarı da artmaktadır.



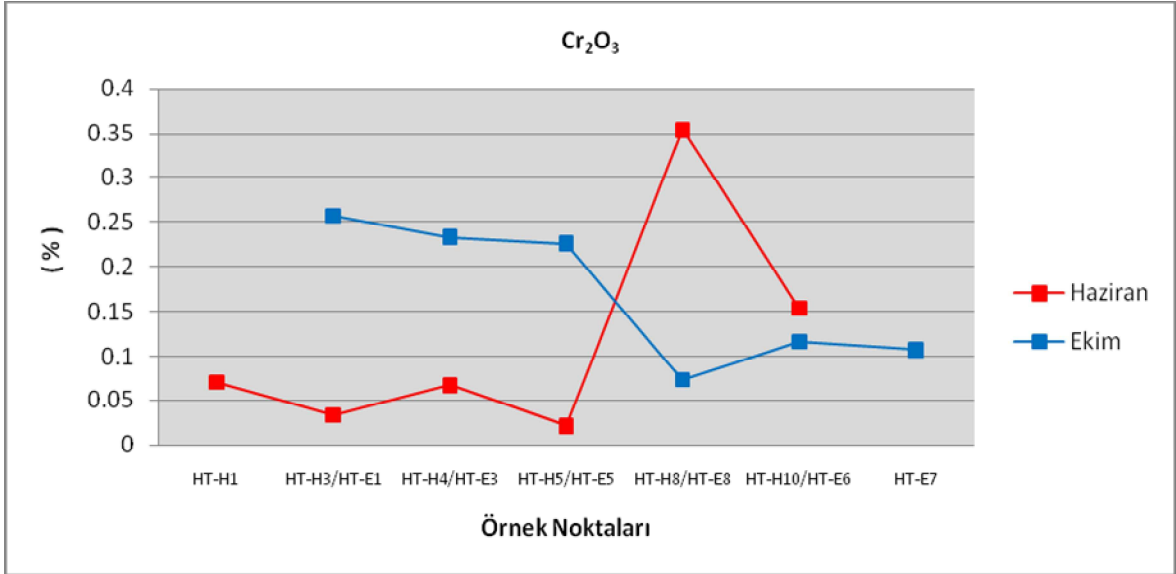
Şekil 3.51. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki MnO miktarları

### $Cr_2O_3$

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde  $Cr_2O_3$  miktarı % 0.021 ile % 0.354 arasında değişmekte olup ortalama % 0.125'dir (Şekil 3.52). 6 örnekleme noktasında ölçülen  $Cr_2O_3$  miktarı, minimum % 0.021 olarak Dikilitaş deresi doğu kolu sedimentinde (HT-H5), maksimum % 0.354 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde  $Cr_2O_3$  miktarı % 0.073 ile % 0.257 arasında değişmekte olup ortalama % 0.143'dir (Şekil 3.52). 6 örnekleme noktasında ölçülen  $Cr_2O_3$  miktarı, minimum % 0.073 olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), maksimum % 0.257 olarak Dikilitaş Deresi batı kolu sedimentinde (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen  $Cr_2O_3$  miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).



Şekil 3.52. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki  $Cr_2O_3$  miktarları

### Arsenik (As)

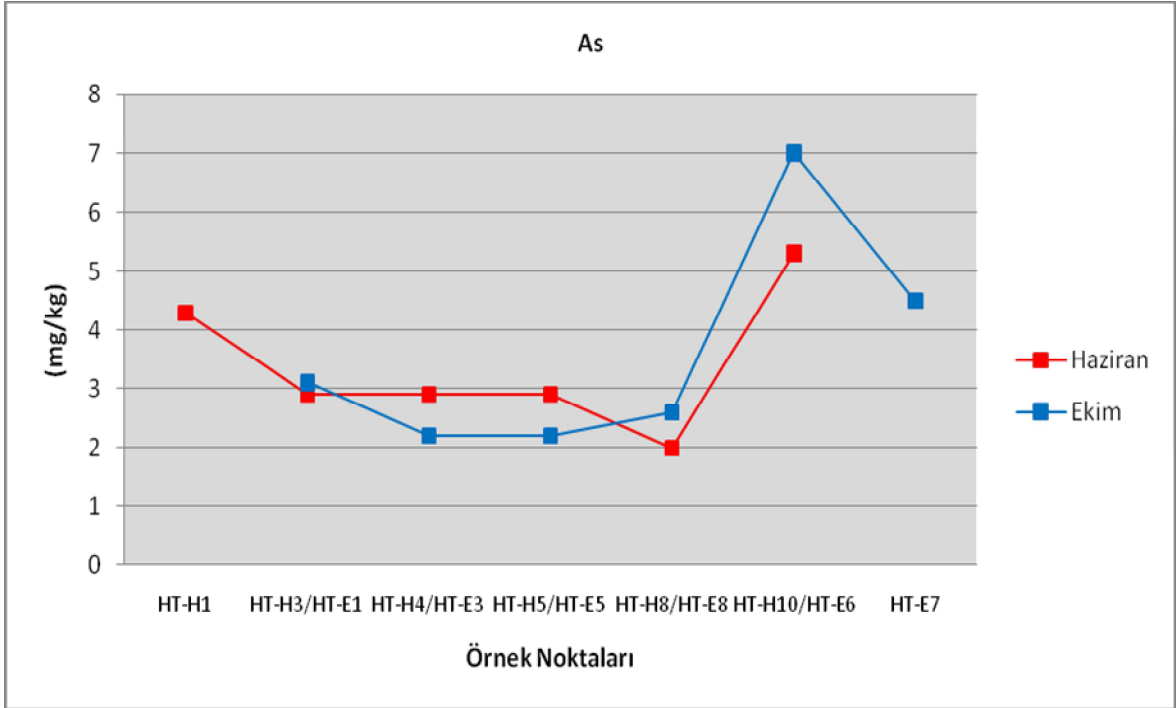
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde As miktarı 2 ile 5.3 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 3.2 mg/kg'dır (Şekil 3.53). 6 örnekleme noktasında ölçülen As miktarı, minimum 2 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum 5.3 mg/kg olarak Hasangazi Deresi sedimentinde (HT-H10) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde As miktarı 2.2 ile 7 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 3.2 mg/kg'dır (Şekil 3.53). 6 örnekleme noktasında ölçülen As miktarı, minimum 2,2 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu kolu ve Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E5, HT-E3), maksimum 7 mg/kg olarak Dikilitaş deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E7) ölçülmüştür.

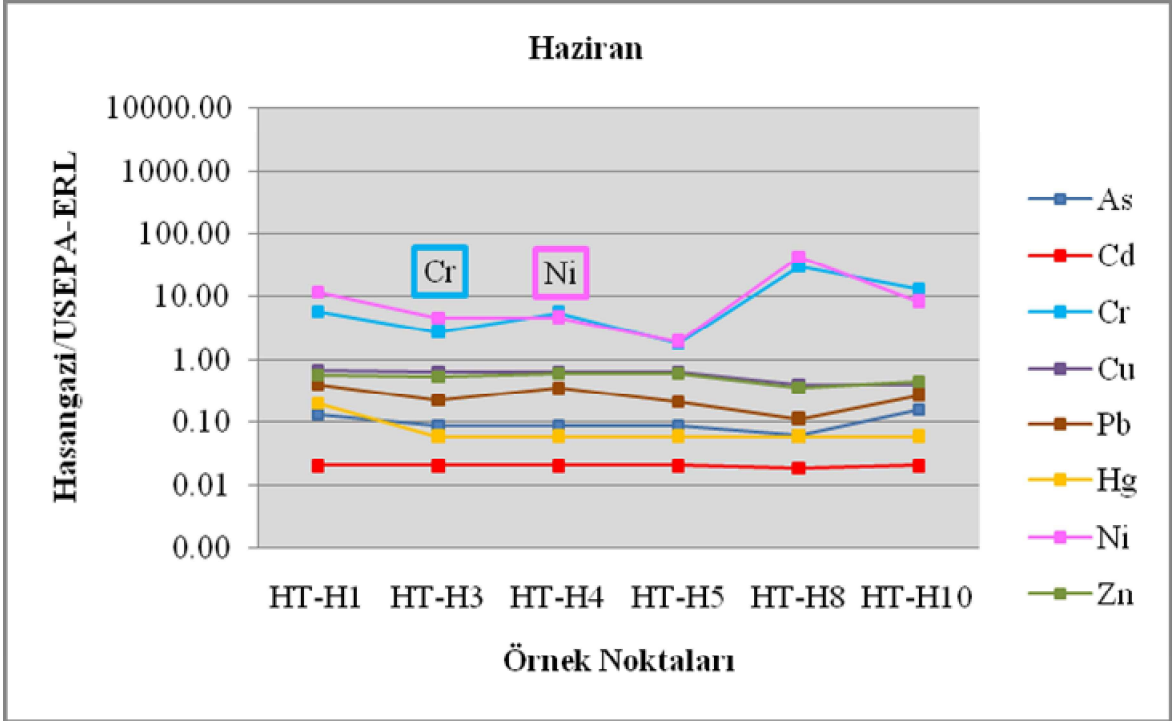
Haziran ve Ekim aylarında ölçülen As miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin As ve K<sub>2</sub>O değerleri arasında  $r = 0.82$  değerinde ( $p=0.046<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre As miktarı arttıkça K<sub>2</sub>O miktarı da artmaktadır.

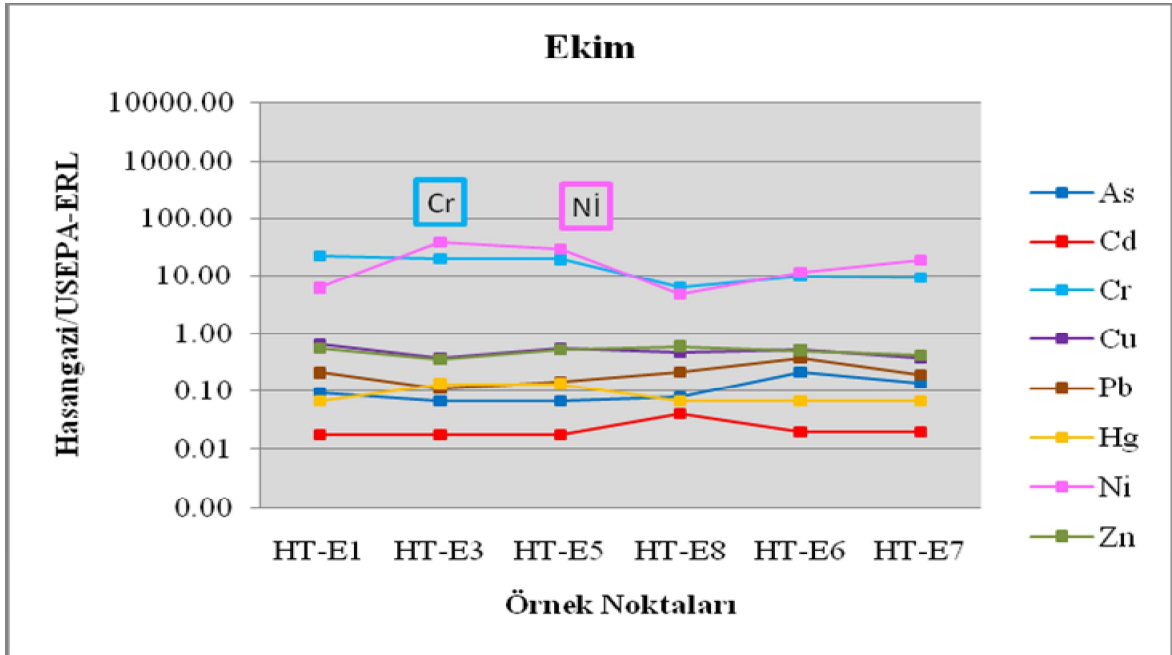
Haziran ve Ekim aylarında ölçülen As miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.53. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki As miktarları

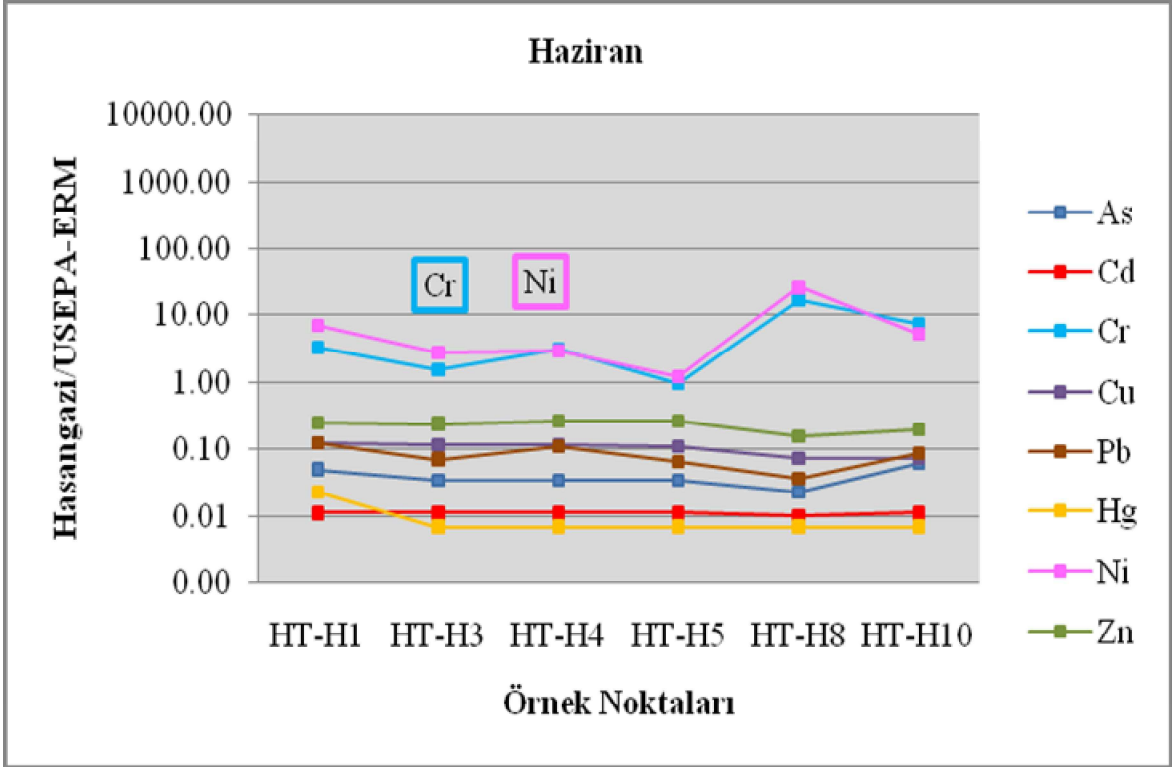


Şekil 3.54. 2011 yılı haziran ayı iz elementlerin USEPA/ERL değerleri ile normalizasyon diyagramı

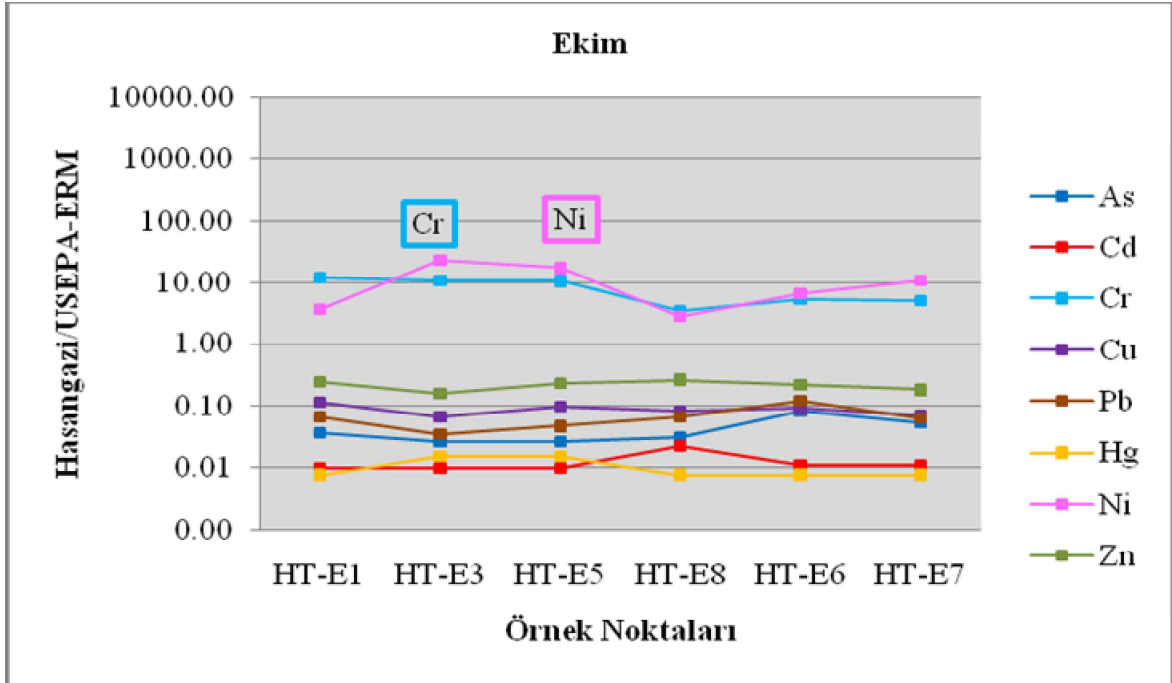


Şekil 3.55. 2011 yılı ekim ayı iz elementlerin USEPA/ERL değerleri ile normalizasyon diyagramı





Şekil 3.56. 2011 yılı haziran ayı iz elementlerin USEPA/ERM değerleri ile normalizasyon diyagramı



Şekil 3.57. 2011 yılı ekim ayı iz elementlerin USEPA/ERM değerleri ile normalizasyon diyagramı

## Kadmiyum (Cd)

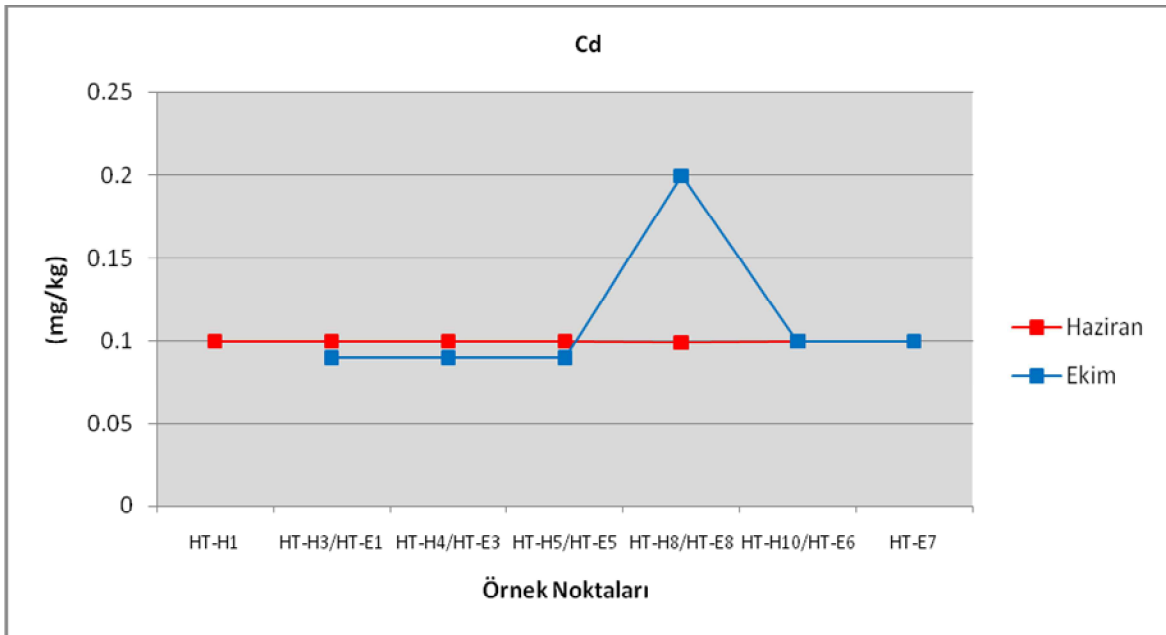
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cd miktarı  $<0.1$  mg/kg olarak (deteksiyon limitinin altında) Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise  $0.1$  mg/kg olarak ölçülmüştür. Ortalama  $0.098$  mg/kg'dır (Şekil 3.58).

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cd miktarı minimum  $<0.1$  mg/kg olarak 2 nolu ocak içinden geçen Dikilitaş Dere sedimentlerinde (HT-E1,HT-E3,HT-E5), maksimum  $0.2$  mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8) ölçülmüştür. Ortalama  $0.114$  mg/kg'dır (Şekil 3.58).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen As miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Cd ve  $Fe_2O_3$  değerleri arasında  $r = -0.92$  değerinde ( $p=0.008<0.05$ ) negatif bir korelasyon, Cd ve  $P_2O_5$  değerleri arasında ise  $r = 0.92$  değerinde ( $p=0.008<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Cd miktarı arttıkça,  $Fe_2O_3$  miktarı azalmakta,  $P_2O_5$  miktarı ise artmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cd miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.58. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cd miktarları

## Krom (Cr)

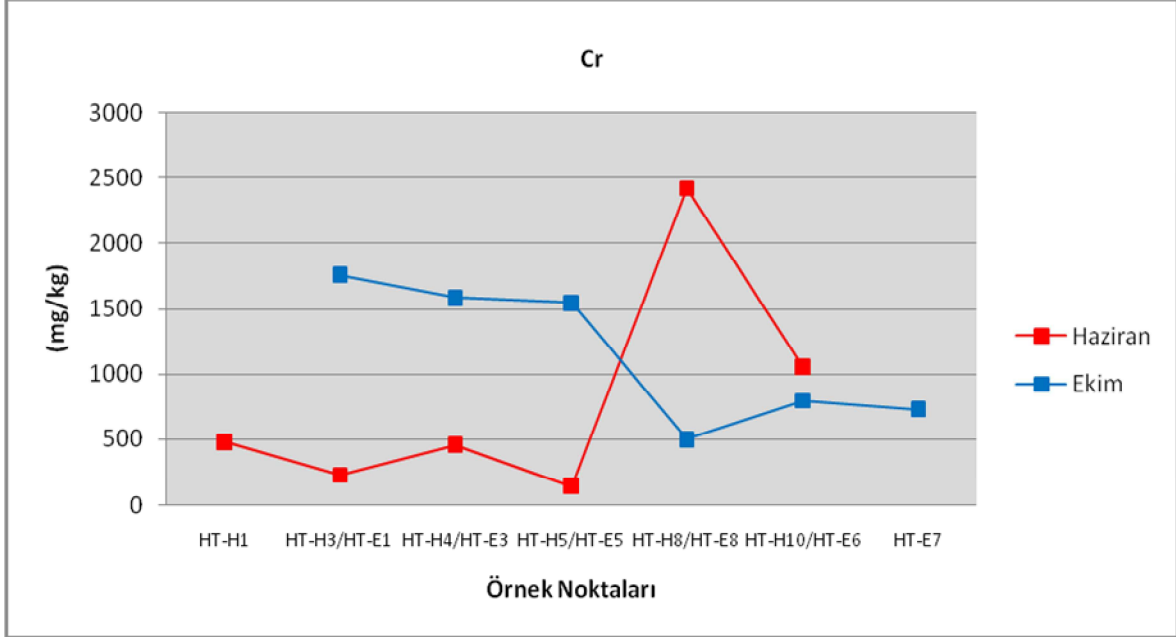
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cr miktarı 144 ile 2422 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 860.8 mg/kg'dır (Şekil 3.59). 6 örnekleme noktasında ölçülen Cr miktarı, minimum 144 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu kolu sedimentinde (HT-H5), maksimum 2422 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cr miktarı 499 ile 1758 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 1236.2 mg/kg'dır (Şekil 3.59). 6 örnekleme noktasında ölçülen Cr miktarı, minimum 499 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), maksimum 1758 mg/kg olarak Dikilitaş deresi batı kolu sedimentinde (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cr miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Cr ve MgO değerleri arasında  $r = 0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) pozitif bir korelasyon, Cr ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = -1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), Cr ve  $Na_2O$  değerleri arasında  $r = -1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) ve Cr ve  $TiO_2$  değerleri arasında  $r = -0.88$  değerinde ( $p=0.019<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Cr miktarı arttıkça MgO miktarı artmakta,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  ve  $TiO_2$  miktarı azalmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Cr ve  $Fe_2O_3$  değerleri arasında  $r = 0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ) ve Cr ve MnO değerleri arasında  $r = 0.92$  değerinde ( $p=0.008<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Cr miktarı arttıkça  $Fe_2O_3$  ve MnO miktarı da artmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cr miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur.



Şekil 3.59. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cr miktarları

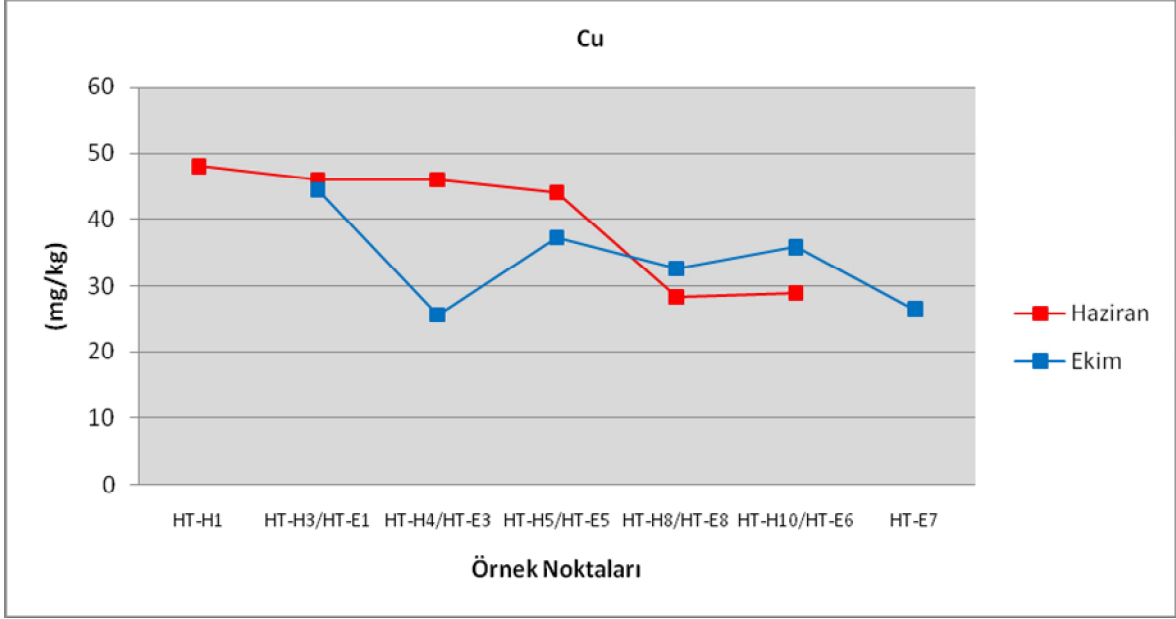
### Bakır (Cu)

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cu miktarı 28.4 ile 48 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 38.62 mg/kg'dır (Şekil 3.60). 6 örnekleme noktasında ölçülen Cu miktarı, minimum 28.4 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum 48 mg/kg Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan sedimentte (HT-H1) ölçülmüştür.

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Cu miktarı 25.6 ile 44.4 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 35.12 mg/kg'dır (Şekil 3.60). 6 örnekleme noktasında ölçülen Cu miktarı, minimum 25.6 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum 44.4 mg/kg olarak Dikilitaş deresi batı kolu sedimentinde (HT-E1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cu miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p > 0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cu miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.60. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Cu miktarları

### Kurşun (Pb)

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Pb miktarı 4 ile 13.8 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 8.22 mg/kg'dır (Şekil 3.61). 6 örnekleme noktasında ölçülen Pb miktarı, minimum 4 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum 13.8 mg/kg Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan sedimentte (HT-H1) ölçülmüştür.

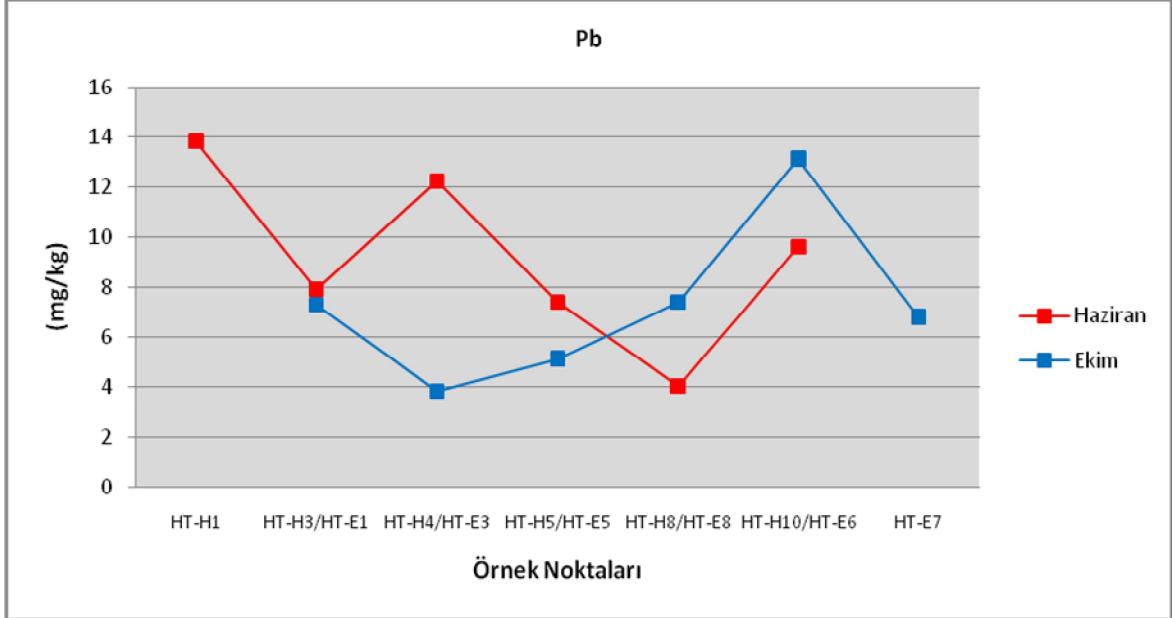
Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Pb miktarı 3.8 ile 13.1 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 7.34 mg/kg'dır (Şekil 3.61). 6 örnekleme noktasında ölçülen Pb miktarı, minimum 3.8 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kolu birleşim noktasından alınan sedimentte (HT-E3), maksimum 13.1 mg/kg olarak Hasangazi deresi sedimentinde (HT-E6) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Pb miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p > 0.05$ ).

Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Pb ve  $\text{SiO}_2$  değerleri arasında  $r = 1$  değerinde ( $p = 0.000 < 0.05$ ), Pb ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  değerleri arasında  $r = 0.88$  değerinde ( $p = 0.019 < 0.05$ ) pozitif bir korelasyon, Pb ve MgO değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde

( $p=0.005<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Pb miktarı arttıkça  $SiO_2$  ve  $P_2O_5$  miktarları artmakta, MgO miktarı ise azalmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Pb miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.61. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Pb miktarları

### Civa (Hg)

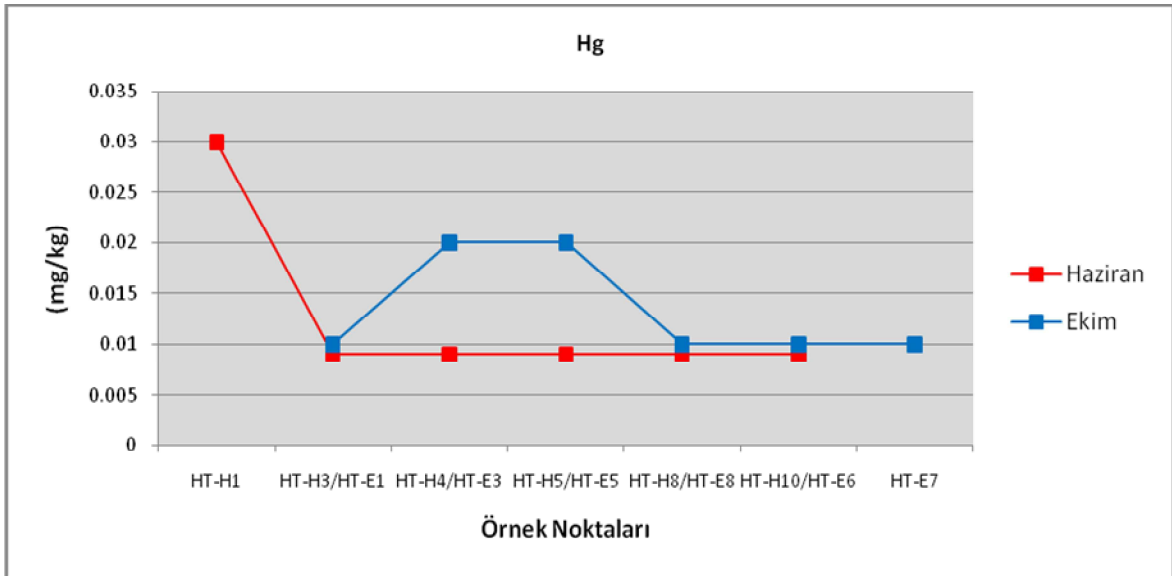
Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Hg miktarı 0.03 mg/kg olarak Dikilitaş deresinin 2 Nolu işletme önünde oluşturduğu çukurdan alınan sedimentte (HT-H1) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise  $<0.01$  mg/kg (deteksiyon limitinin altında) olarak ölçülmüştür. Ortalama 0.009 mg/kg'dır (Şekil 3.62).

Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Hg miktarı 0.002 mg/kg olarak Dikilitaş Dere doğu kolu ve doğu ile batı kol birleşim noktasından alınan dere sedimentlerinde (HT-HT-E5, HT-E3) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise 0.01 mg/kg olarak ölçülmüştür. Ortalama 0.014 mg/kg'dır (Şekil 3.62).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Hg miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan sediment örneklerinin Hg miktarı, Ekim ayındaki Hg miktarından yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Hg ve SiO<sub>2</sub>, değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Hg ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Hg ve K<sub>2</sub>O değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), negatif bir korelasyon, Hg ve TiO<sub>2</sub> değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Hg ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Hg ve Pb değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Hg ve As değerleri arasında  $r = -0.84$  değerinde ( $p=0.036<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Hg miktarı arttıkça, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Pb ve As miktarı azalmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Hg miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.62. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Hg miktarları

### Nikel (Ni)

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Ni miktarı 59.8 ile 1311 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 382.5 mg/kg'dır (Şekil 3.63). 6 örnekleme noktasında ölçülen Ni miktarı, minimum 59.8 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu kolu sedimentinde (HT-H5), maksimum 1311 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8) ölçülmüştür.

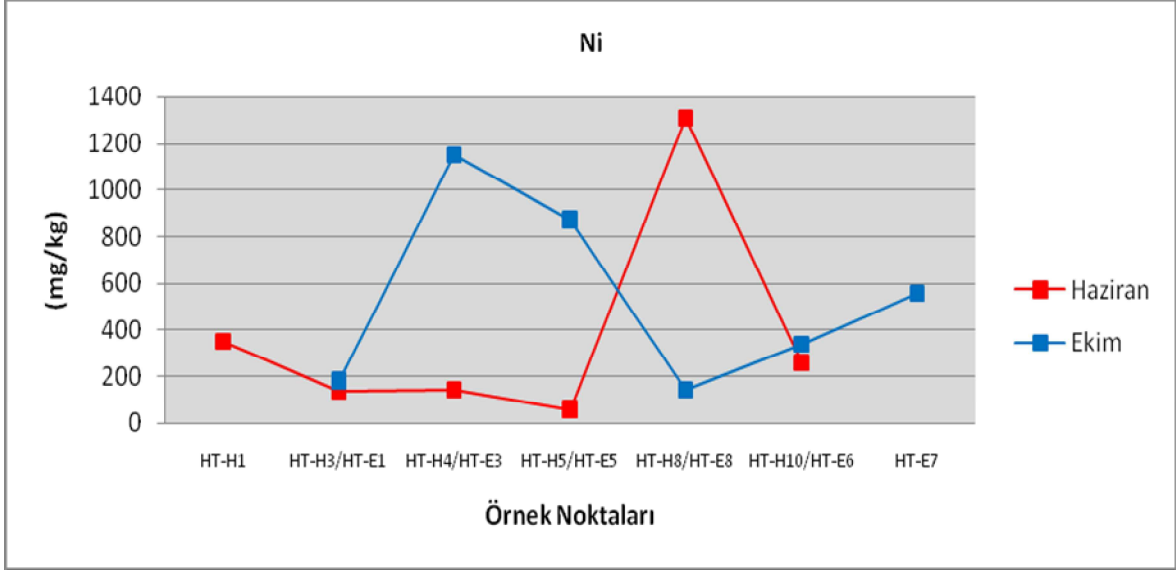
Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Ni miktarı 141.4 ile 1153 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 537.04 mg/kg'dır (Şekil 3.63). 6 örnekleme noktasında ölçülen Ni miktarı, minimum 141.4 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8), maksimum 1153 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kol birleşim noktasından alınan dere sedimentinde (HT-E3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ni miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Ni ve MgO değerleri arasında  $r = 1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) ve Ni ve Cr değerleri arasında  $r = 0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) pozitif bir korelasyon, Ni ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), Ni ve  $Na_2O$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) ve Ni ve  $TiO_2$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) ve Ni ve CaO değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Ni miktarı arttıkça MgO ve Cr miktarı artmakta,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $TiO_2$  ve CaO miktarı azalmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Ni ve MgO değerleri arasında  $r = 0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), Ni ve Hg değerleri arasında  $r = 0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) pozitif bir korelasyon, Ni ve  $SiO_2$  değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ), Ni ve  $Al_2O_3$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) ve Ni ve  $K_2O$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), Ni ve  $TiO_2$  değerleri arasında  $r = -0.94$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) ve Ni ve  $P_2O_5$  değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Ni miktarı arttıkça MgO ve Hg miktarı artmakta,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$  ve  $P_2O_5$  miktarı ise azalmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ni miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur.





Şekil 3.63. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Ni miktarları

### Çinko (Zn)

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Zn miktarı 43 ile 73 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 62 mg/kg'dır (Şekil 3.64). 6 örnekleme noktasında ölçülen Zn miktarı, minimum 43 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-H8), maksimum 73 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu kolu ve Dikilitaş deresi doğu ile batı kol birleşim noktasından alınan dere sedimentlerinde (HT-H5, HT-H4) ölçülmüştür.

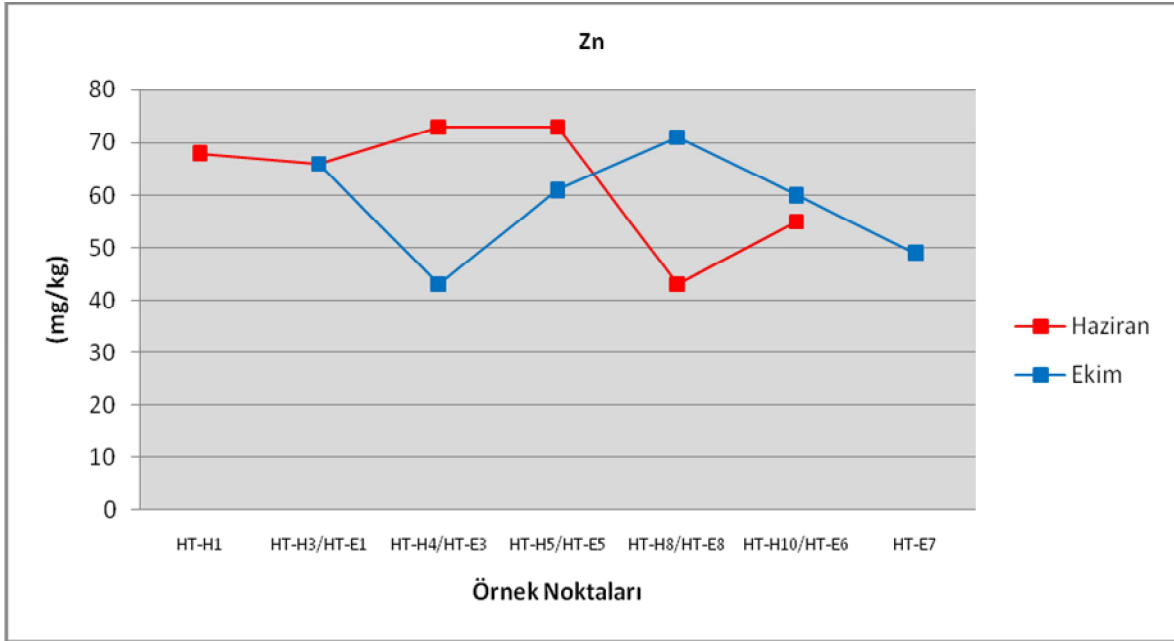
Ekim 2011 döneminde alınan sediment örneklerinde Zn miktarı 43 ile 71 mg/kg arasında değişmekte olup ortalama 60.2 mg/kg'dır (Şekil 3.64). 6 örnekleme noktasında ölçülen Zn miktarı, minimum 43 mg/kg olarak Dikilitaş deresi doğu ile batı kol birleşim noktasından alınan dere sedimentinde (HT-E3), maksimum 71 mg/kg olarak Hasangazi Köyü kuzeybatısındaki yamaçtan gelen kuru dere yatağı sedimentinde (HT-E8) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Zn miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Zn ve  $Fe_2O_3$  değerleri arasında  $r = 0.92$  değerinde ( $p=0.008<0.05$ ), Zn ve  $TiO_2$  değerleri arasında  $r = 0.81$  değerinde ( $p=0.050<0.05$ ) ve Zn ve MnO değerleri arasında  $r = 0.95$  değerinde ( $p=0.003<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Zn miktarı arttıkça  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  ve MnO

miktarı artmaktadır. Ekim 2011 dönemine ait sediment örneklerinin Zn ve Ni değerleri arasında  $r = -0.82$  değerinde ( $p=0.042<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna Zn miktarı arttıkça Ni miktarı azalmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Zn miktarları USEPA-Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 3.64. Ocak alanı ve çevresinden alınan sediment numunelerindeki Zn miktarları

### 3.8. Pasa ve Toprak Örneklerinin Kimyasal Analizleri

Çalışma alanından 2011 yılı Haziran ayında 3 pasa toprağı ve 2011 yılı Haziran ve Ekim aylarında 1 bahçe toprağı örnekleme yapılmış olup iz element analizi yapılmıştır. Haziran ayında alınan pasa topraklarındaki iz element değerleri ile sediment örneklerindeki iz element değerleri Man Whitney U testi kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.7). Toprak ve pasa örneklerindeki As, Ni, Co, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Zn elementleri USEPA standartları (USEPA, 1997; Saleem vd., 2011) ve dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal topraklar üzerinde yapılan çalışmada (USEPA, 1995) verilen ortalama ve yaygın değer aralıkları ile kıyaslanmıştır (Tablo 3.8). Toprak ve pasa örneklerinde ölçülen iz element değerlerinin USEPA standartları ile normalizasyonu yapılarak kirlilik durumu ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3.66). Veri sayısı az olduğu için pasa ve toprak örneklerinde Spearman korelasyon katsayıları hesaplanmamıştır.

**Tablo 3.7.** İnceleme alanından alınan pısa ve sediment rneklarına ait iz elementlerin Man Whitney U testi sonuçları

İz Elementler	Sediment		Pısa		MW	p
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma		
As	3.200	1.237	0.5	0.1	0.000	0.022
Cd	0.098	0.004	0.009	0.000	0.000	0.014
Cr	860.800	942.562	85 020.333	138 016.129	1.000	0.053
Cu	38.620	9.136	7.633	5.492	0.000	0.024
Pb	8.220	3.014	0.933	0.681	0.000	0.025
Hg	0.009	0.000	0,009	0.000	7.500	1.000
Ni	382.520	523.833	1 455.667	660.524	1.000	0.053
Zn	62.000	12.923	19.333	9.815	0.000	0.024

**Tablo 3.8.** İnceleme alanından alınan pasa ve toprak örneklerine ait iz element analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreler

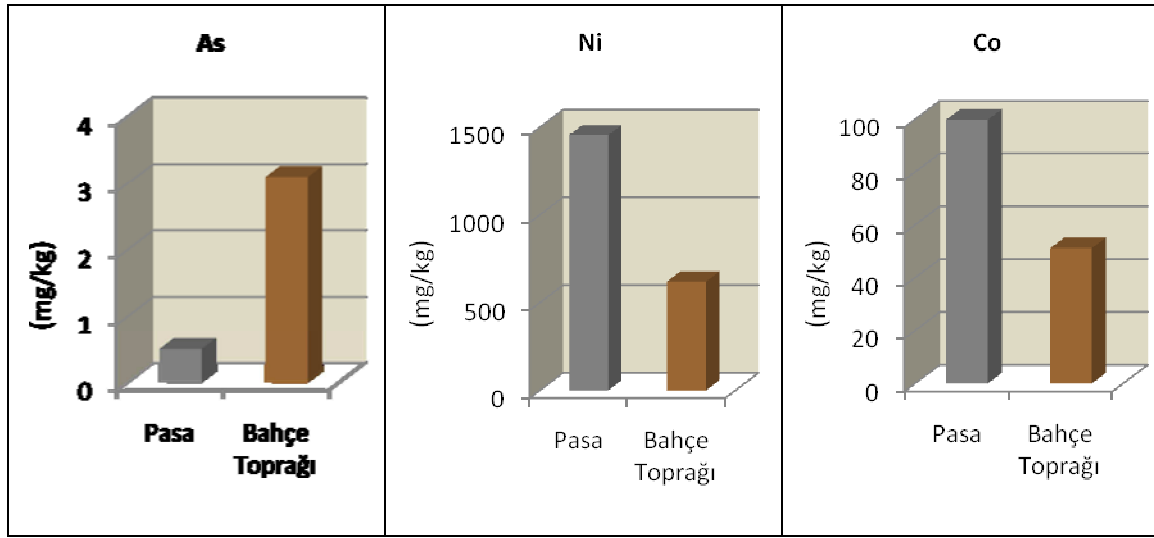
Örnek Yeri		ÖRNEK NO	İz Elementler (mg/kg)								
			As	Ni	Co	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Zn
Pasa		HT-H2	0.6	1802	84.1	<0.1	2203	13.7	0.7	<0.01	25
Pasa		HT-H6	0.5	694	111.4	<0.1	244346	3	1.7	<0.01	8
Pasa		HT-H7	<0.5	1871	104.2	<0.1	8512	6.2	0.4	<0.01	25
		Ortalama	0.5	1455.7	99.9	0.09	85020.3	7.6	0.9	0.009	19.3
		Standart Sapma	0.1	660.52	14.15	0.00	138016,13	5,49	0,681	0.00	9,815
Bahçe Toprağı	Haziran	HT-H9	3.7	376.2	42.3	<0.1	397	63.4	5.2	<0.01	88
	Ekim	HT-E9	2.5	863	60.2	<0.1	882.68	44.5	6	<0.01	78
		Ortalama	3.1	619.6	51.2	0.09	639.8	53.9	5.6	0.009	83
		Standart Sapma	0.85	344.2	12.6	0.0	343.8	31.4	0.5	0	7.07
USEPA			14	32	20	1.6	120	100	60	0.5	220
USEPA		Ortalama	5	40	8*	0.06	100	30	10	0.11	50
		Değer Aralığı	0.1-40	5-1000	---	0.01-7	5-3000	2-100	2-200	0.01-0.8	10-300

\* (Kabata Pendias ve Mukherjee, 2007)

## Arsenik

Pasa topraklarındaki ortalama As miktarı 0.5 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama As miktarı ise 3.1 mg/kg'dır (Şekil 3.65). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında As için izin verilen 14 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 5 mg/kg değeri ve 0.1 - 40 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ve bahçe topraklarındaki ortalama As miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinin As miktarı, pasa örneklerinin As miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

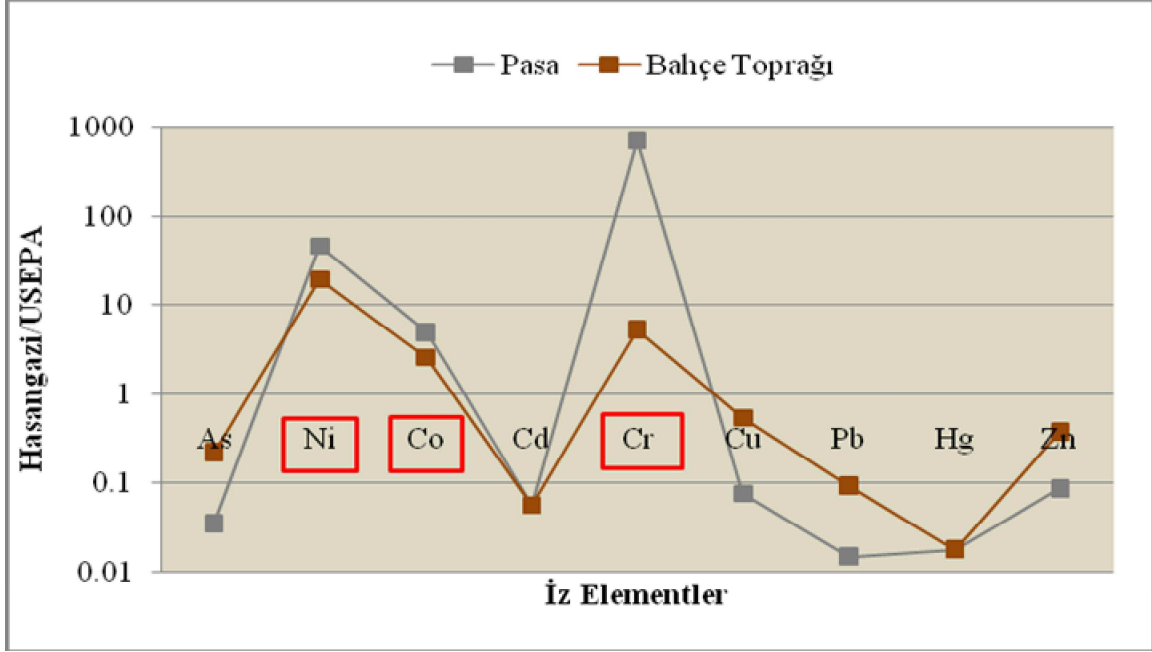


Şekil 3.65. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki As, Co ve Ni miktarları

## Nikel

Pasa örneklerindeki ortalama Ni miktarı 1455.7 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Ni miktarı ise 619.6 mg/kg'dır (Şekil 3.65). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Ni için izin verilen 32 mg/kg sınır değerinin üzerinde bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 40 mg/kg değeri ve 5 - 1000 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ortalama Ni miktarı ortalamanın ve yaygın değer aralığının üzerinde, bahçe toprağındaki Ni miktarı ortalamanın üzerinde ancak yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment ve pasa örneklerinin Ni miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).



Şekil 3.66. Pasa ve toprak örneklerindeki iz elementlerin USEPA standartları ile normalizasyon diyagramı

### Kobalt (Co)

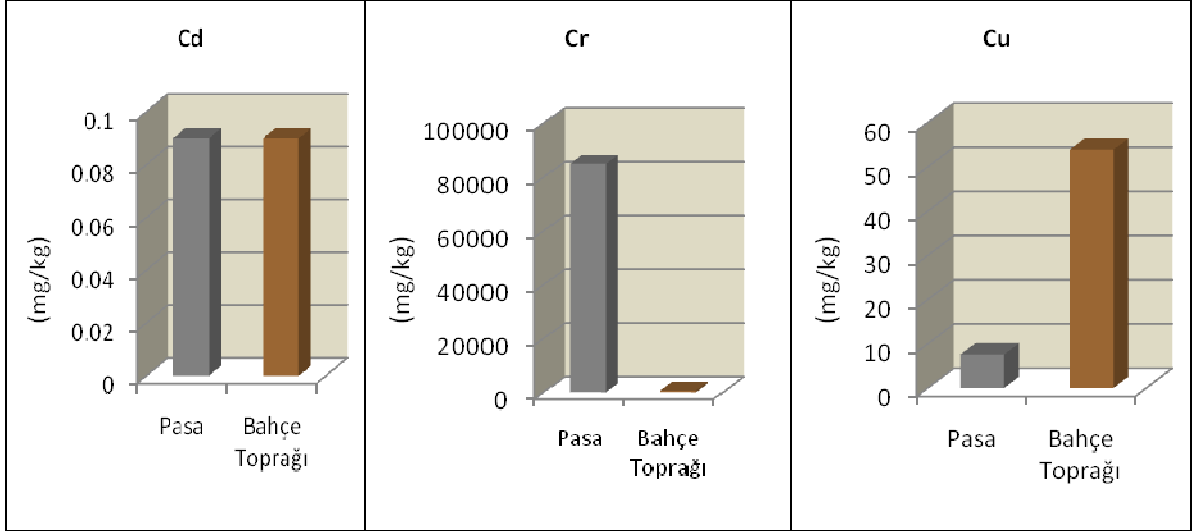
Pasa örneklerindeki ortalama Co miktarı 99.9 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Co miktarı ise 51.2 mg/kg'dır (Şekil 3.65). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Co için izin verilen 20 mg/kg sınır değerinin üzerinde bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 8 mg/kg değeri ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ve bahçe topraklarındaki ortalama Co miktarı ortalamanın üzerinde bulunmuştur.

### Kadmiyum

Pasa örneklerindeki ve bahçe toprağındaki ortalama Cd miktarı 0.09 mg/kg'dır (Şekil 3.67). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Cd için izin verilen 1.6 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 0.06 mg/kg değeri ve 0.01 - 7 yaygın değeri ile

kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ve bahçe topraklarındaki ortalama Cd miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinin Cd miktarı, pasa örneklerinin Cd miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).



Şekil 3.67. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki Cd, Cr ve Cu miktarları

### Krom

Pasa örneklerindeki ortalama Cr miktarı 85020.3 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Cr miktarı ise 639.8 mg/kg'dır (Şekil 3.67). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Cr için izin verilen 120 mg/kg sınır değerinin üzerinde bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 100 mg/kg değeri ve 5 - 3000 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ortalama Cr miktarı ortalamanın ve yaygın değer aralığının üzerinde, bahçe toprağındaki Cr miktarı ortalamanın üzerinde ancak yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment ve pasa örneklerinin Cr miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p > 0.05$ )

### Bakır

Pasa örneklerindeki ortalama Cu miktarı 7.6 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Cu miktarı ise 53.9 mg/kg'dır (Şekil 3.67). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Cu

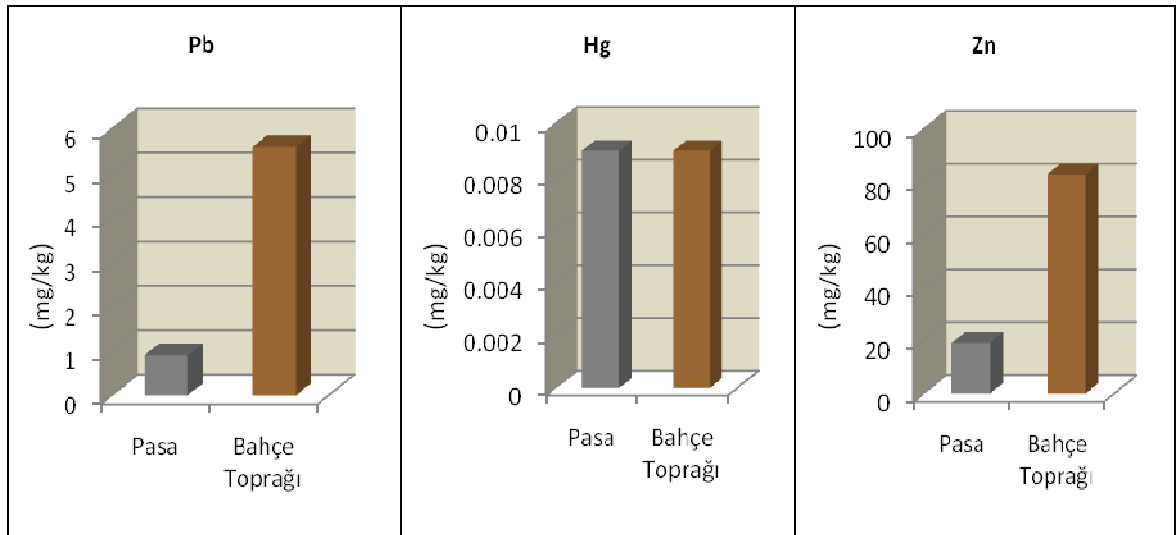
için izin verilen 100 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 30 mg/kg değeri ve 2 - 100 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ortalama Cu miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında, bahçe toprağındaki Cu miktarı ortalamanın üzerinde ancak yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinin Cu miktarı, pasa örneklerinin Cu miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

### Kurşun

Pasa örneklerindeki ortalama Pb miktarı 0.9 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Pb miktarı ise 5.6 mg/kg'dır (Şekil 3.68). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Pb için izin verilen 60 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 10 mg/kg değeri ve 2 - 200 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ve bahçe toprağındaki ortalama Pb miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinin Pb miktarı, pasa örneklerinin Pb miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).



Şekil 3.68. Ocak alanı ve çevresinden alınan pasa ve toprak numunelerindeki Pb, Hg ve Zn miktarları



## **Civa**

Pasa örneklerindeki ve bahçe toprağındaki ortalama Hg miktarı 0.009 mg/kg'dır (Şekil 3.68). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Hg için izin verilen 0.5 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 0.11 mg/kg değeri ve 0.01 – 0.8 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ve bahçe toprağındaki ortalama Hg miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment ve pasa örneklerinin Hg miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

## **Çinko**

Pasa örneklerindeki ortalama Zn miktarı 19.3 mg/kg, bahçe toprağındaki ortalama Zn miktarı ise 83 mg/kg'dır (Şekil 3.68). Ölçülen bu değerler USEPA standartlarında Zn için izin verilen 220 mg/kg sınır değerinin altında bulunmuştur (Şekil 3.66). Dünyada inorganiklerle kirlenmemiş doğal toprakların ortalaması olan 50 mg/kg değeri ve 10 - 300 yaygın değer aralığı ile kıyaslandığında ise; pasa topraklarındaki ortalama Zn miktarı ortalamanın altında ve yaygın değer aralığında, bahçe toprağındaki Zn miktarı ortalamanın üzerinde ancak yaygın değer aralığında bulunmuştur.

Haziran 2011 döneminde alınan sediment örneklerinin Zn miktarı, pasa örneklerinin Zn miktarından yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

### **3.9. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri**

2011 yılı Ekim ve 2012 yılı Haziran aylarında çalışma alanındaki Dikilitaş ve Hasangazi Derelerinden alınan toplam 10 adet su örneğinin iz element ve ana katyon analizi yapılmıştır (Tablo 3.9 ve Tablo 3.12). Haziran ve Ekim aylarında ölçülen değerlerin mevsimsel değişimlerini tespit etmek için Man Whitney U testi kullanılmıştır (Tablo 3.9 ve Tablo 3.12). İz element ve ana katyonların birbirleri arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Spearman Korelasyon analizi kullanılmıştır (Tablo 3.10 ve Tablo 3.11).

Bu çalışmada, inorganik kirlenme parametrelerinden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de (Değişik:RG-13/2/2008-26786) yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (S.K.K.Y.) yer alan Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se ve Zn elementleri; fiziksel, inorganik-kimyasal parametrelerden pH, sıcaklık, ORP, iletkenlik, tuzluluk, Na ve P değerlendirilmiştir. Her bir parametre için analiz sonuçlarına göre su kalite sınıfları ortaya çıkarılmıştır.

### 3.9.1. Su Örneklerinin Bazı Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Analizleri

**Tablo 3.9.** İnceleme alanından alınan su örneklerine ait bazı fiziksel ve inorganik-kimyasal parametrelerin analiz sonuçları ve istatistik parametreler

Örnek No	pH	Sıcaklık (C°)	ORP (mV)	İletkenlik (µS/cm)	Tuzluluk (mg/l)	Na (µg/l)	P (µg/l)	
EKİM	HS-E1	8.73	11.7	-110	436	209	13415	30
	HS-E2	8.28	13.5	-85	284	136.5	9880	29
	HS-E3	8.41	12.8	-93	243	116.3	10187	33
	HS-E4	8.4	10.9	-98	172	80.8	4149	64
	HS-E5	8.63	11.4	-103	258	123.6	9737	94
	Minimum	8.28	10.9	-85	172	80.8	4149	29
	Maksimum	8.73	13.5	-110	436	209	13415	94
	Ortalama	8.49	12.06	-97.8	278.6	133.2	9473.6	50
	Standart Sapma	0.18	1.06	9.52	97.28	47.11	3340.26	28.5
HAZİRAN	HS-H1	8.54	13.4	-96	354	166.5	11227	51
	HS-H2	8.11	7.9	-70	326	159.3	10793	41
	HS-H3	8.47	13	-93	313	148.9	11542	30
	HS-H4	8.26	13.5	-80	162.3	77	3330	52
	HS-H5	8.49	14.6	-92	278	128.6	7664	41
	Minimum	8.11	7.9	-70	162.3	77	3330	30
	Maksimum	8.54	14.6	-96	354	166.5	11542	52
	Ortalama	8.37	12.48	-86.2	286.6	136.06	8911.2	43
	Standart Sapma	0.18	2.62	10.91	74.69	35.96	3483.19	8.97
	MW	9.00	7.50	4.50	10.00	10.00	12.00	11.5
	p	0.46	0.29	0.09	0.60	0.60	0.91	0.83
S.K.K.Y.	I. Sınıf	6.5-8.5	25	-	-	-	125000	20
	II. Sınıf	6.5-8.5	25	-	-	-	125000	160

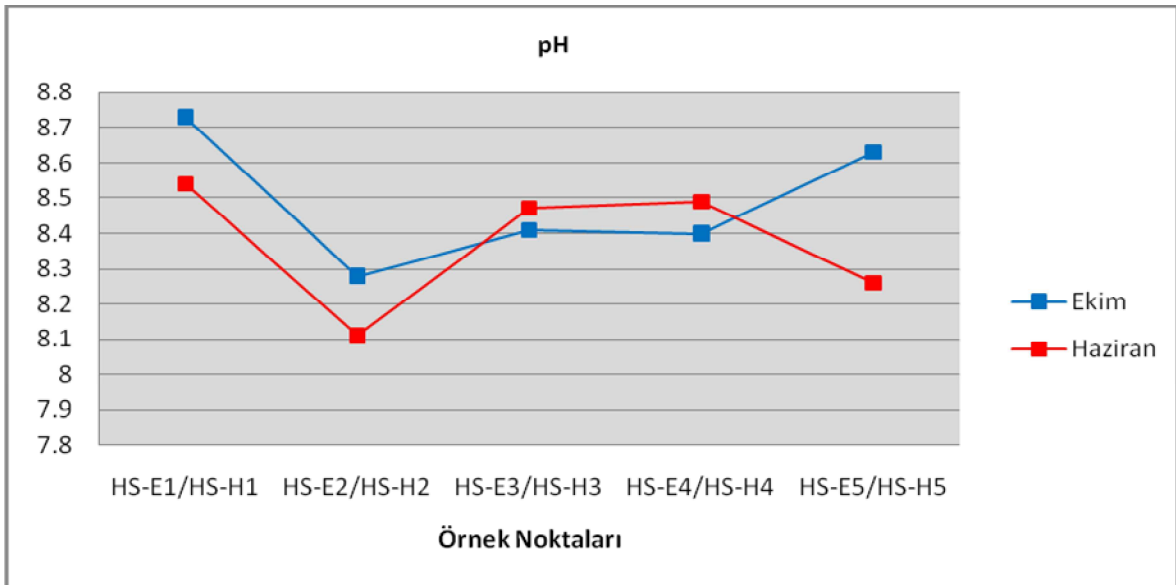
## pH

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinin pH'ı 8.28 ile 8.73 arasında değişmekte olup ortalama 8.49'dur (Şekil 3.69). 5 örnekleme noktasında ölçülen pH değerleri, minimum 8.28 olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E2), maksimum 8.73 olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinin pH'ı 8.11 ile 8.54 arasında değişmekte olup ortalama 8.37'dir (Şekil 3.69). 5 örnekleme noktasında ölçülen pH değerleri, minimum 8.11 olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2), maksimum 8.54 olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen pH değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen pH değerleri S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.69. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki pH değerleri

## Sıcaklık

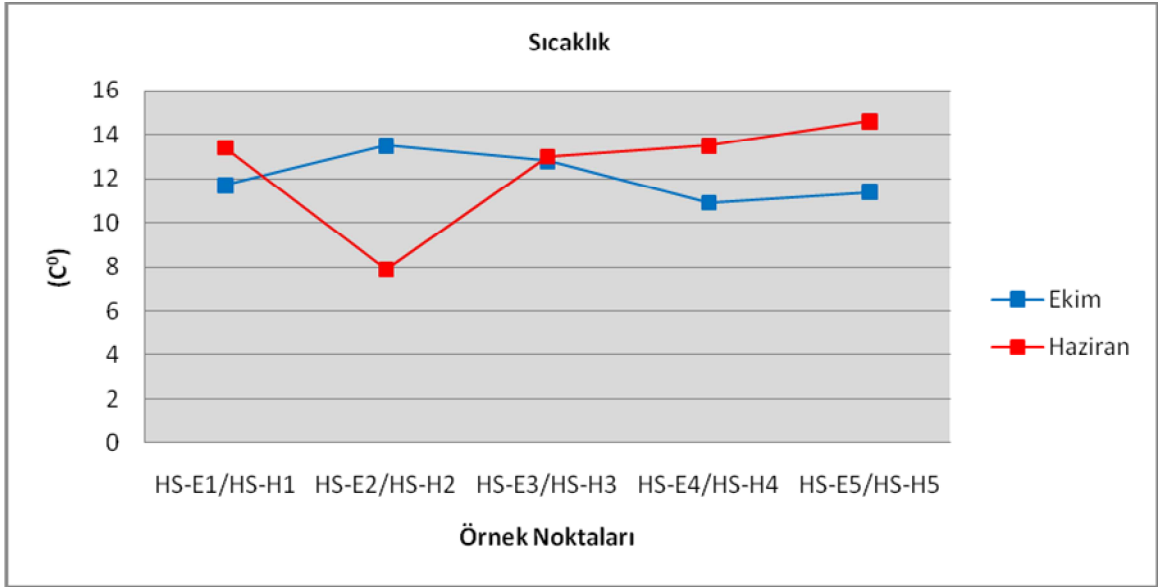
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinin sıcaklığı 10.9 ile 13.5 C<sup>0</sup> arasında değişmekte olup ortalama 12.06 C<sup>0</sup>'dir (Şekil 3.70). 5 örnekleme noktasında ölçülen sıcaklık değerleri, minimum 10.9 C<sup>0</sup> olarak Hasangazi deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 13.5 C<sup>0</sup> olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E2) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinin sıcaklığı 7.9 ile 14.6 C<sup>0</sup> arasında değişmekte olup ortalama 12.48 C<sup>0</sup>'dir (Şekil 3.70). 5 örnekleme noktasında ölçülen

sıcaklık değerleri, minimum 7.9 C<sup>0</sup> olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2), maksimum 14.6 C<sup>0</sup> olarak Dikilitaş deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen sıcaklık değerleri S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.70. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Sıcaklık değerleri

### Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)

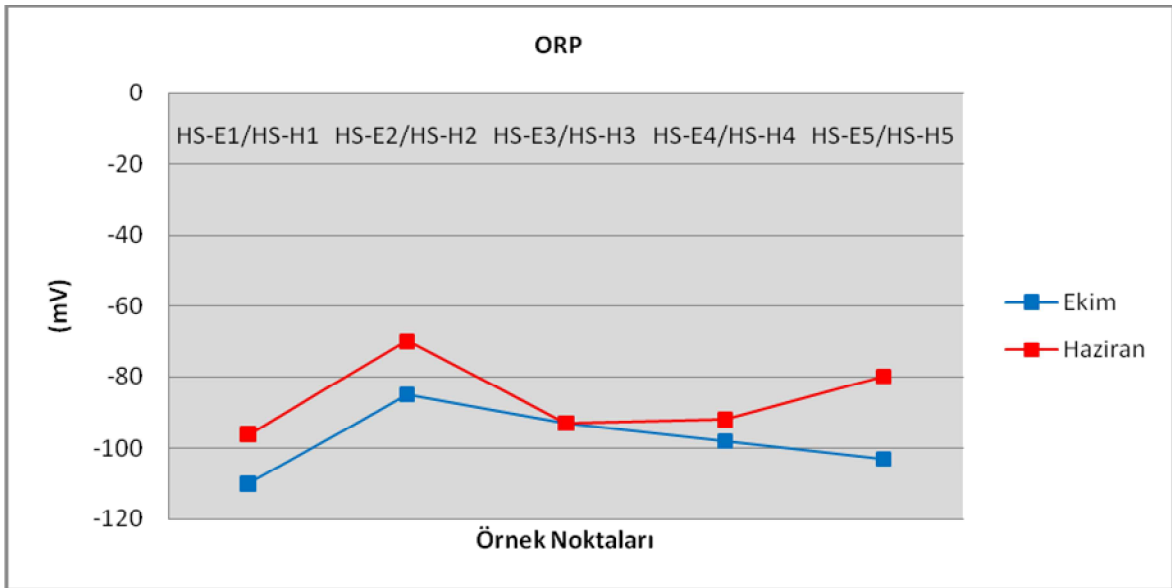
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinin ORP değeri -85 ile -110 mV arasında değişmekte olup ortalama -97.8 mV'dir (Şekil 3.71). 5 örnekleme noktasında ölçülen ORP değerleri, minimum -85 mV olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E2), maksimum -110 mV olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinin ORP değeri -70 ile -96 mV arasında değişmekte olup ortalama -86.2 mV'dir (Şekil 3.71). 5 örnekleme noktasında ölçülen ORP değerleri, minimum -70 mV olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından

alınan su örneğinde (HS-H2), maksimum -96 mV olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen ORP değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekim 2011 ve Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin ORP ve pH değerleri arasında  $r = -0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre ORP arttıkça pH azalmaktadır.



Şekil 3.71. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki ORP değerleri

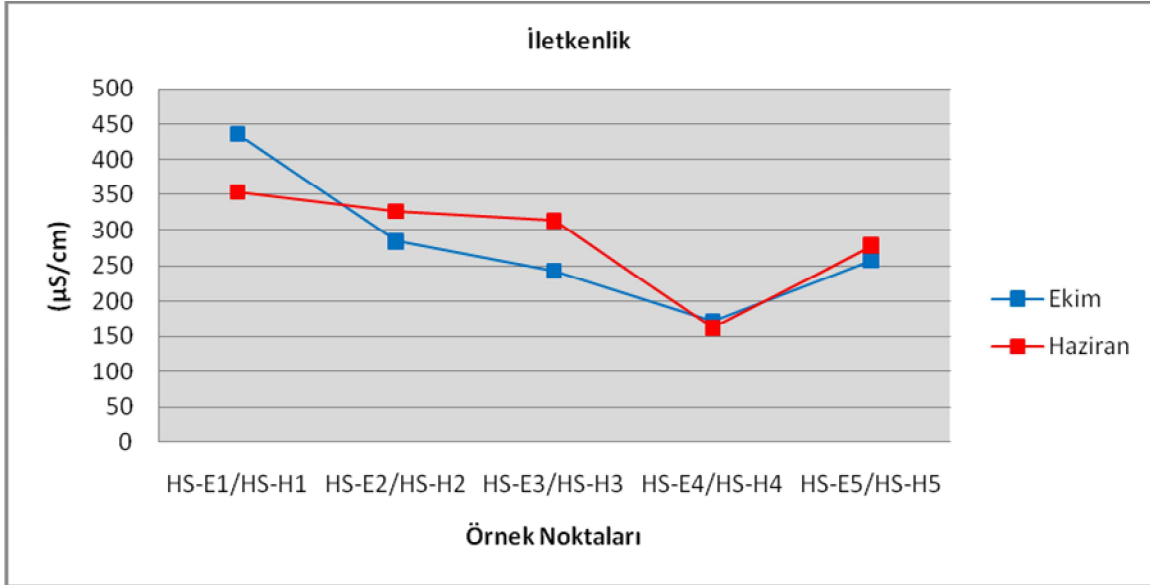
### İletkenlik (EC)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinin EC değeri 172 ile 436  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmekte olup ortalama 278.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Şekil 3.72). 5 örnekleme noktasında ölçülen EC değerleri, minimum 172  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak Hasangazi deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 436  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinin EC değeri 162.3 ile 354  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmekte olup ortalama 286.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Şekil 3.72). 5 örnekleme noktasında ölçülen EC değerleri, minimum 162.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde

(HS-H4), maksimum 354  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen EC değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).



Şekil 3.72. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki EC değerleri

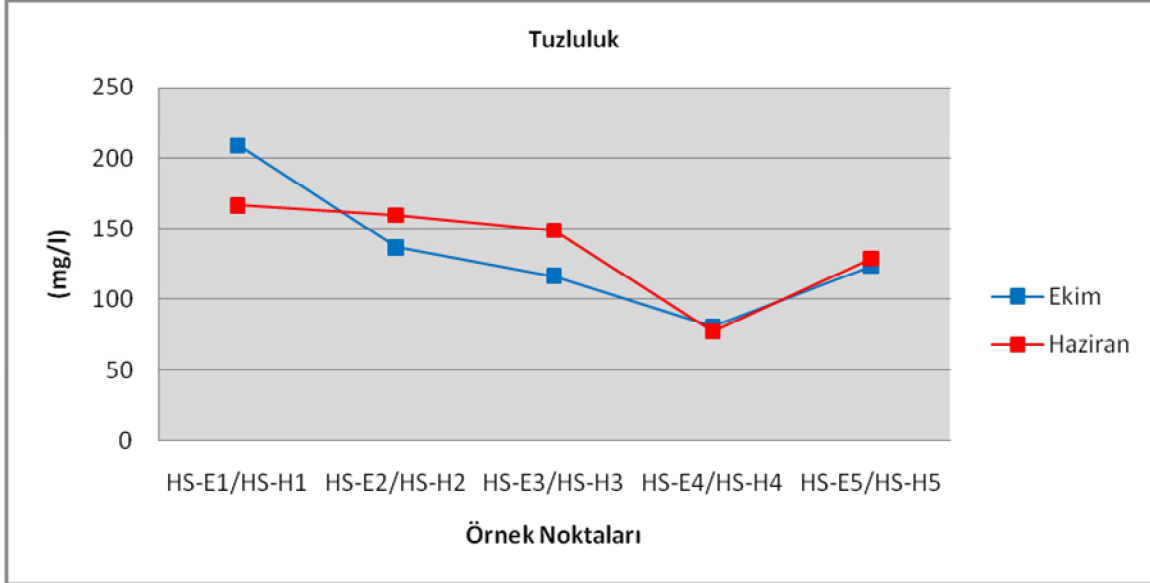
## Tuzluluk

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinin tuzluluk değeri 80.8 ile 209 mg/l arasında değişmekte olup ortalama 133.2 mg/l'dir (Şekil 3.73). 5 örnekleme noktasında ölçülen tuzluluk değerleri, minimum 80.8 mg/l olarak Hasangazi deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 209 mg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinin tuzluluk değeri 77 ile 166.5 mg/l arasında değişmekte olup ortalama 136.06 mg/l'dir (Şekil 3.73). 5 örnekleme noktasında ölçülen tuzluluk değerleri, minimum 77 mg/l olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4), maksimum 166.5 mg/l olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen tuzluluk değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekim 2011 ve Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin tuzluluk ve iletkenlik değerleri arasında  $r = 1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre tuzluluk arttıkça iletkenlik artmaktadır.



Şekil 3.73. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki tuzluluk değerleri

### Sodyum (Na)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Na miktarı 4149 ile 13415  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 9473.6  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.74). 5 örnekleme noktasında ölçülen Na miktarı, minimum 4149  $\mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 13415  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

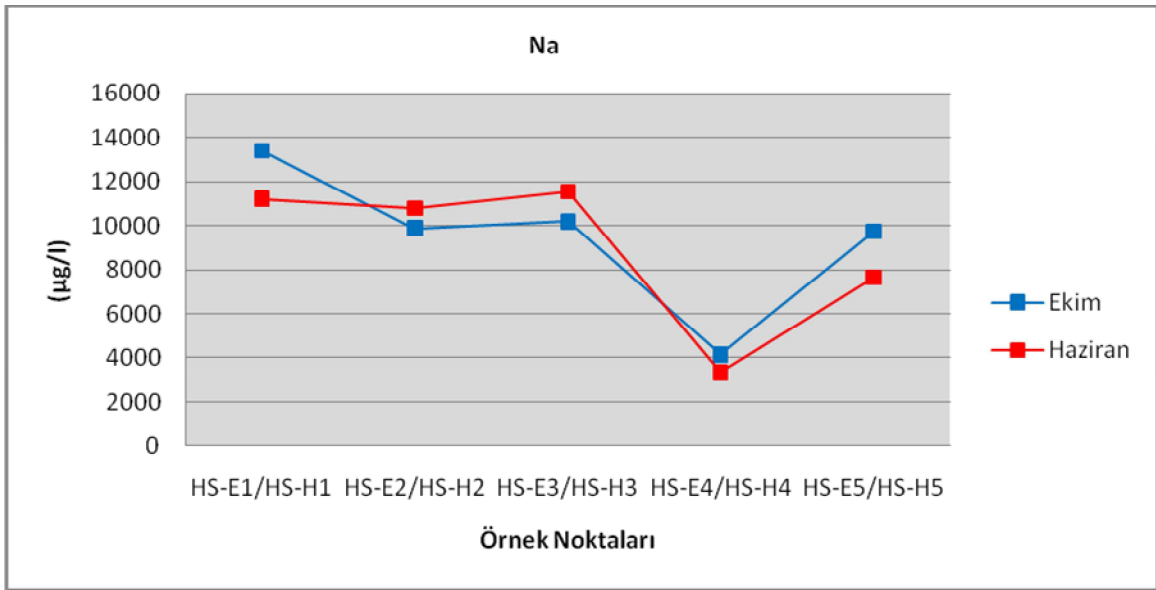
Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Na miktarı 3330 ile 11542  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 8911.2  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.74). 5 örnekleme noktasında ölçülen Na miktarı, minimum 3330  $\mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4), maksimum 11542  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Na miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Na ve B değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Na ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), Na ve Se

değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Na miktarı arttıkça B, Hg ve Se miktarı artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Na ve Cu değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Na ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Na miktarı arttıkça Cu ve Hg miktarı artmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Na miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.74. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Na miktarları

### Toplam Fosfor (P)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde P miktarı 29 ile 94 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 50 µg/l'dir (Şekil 3.75). 5 örnekleme noktasında ölçülen P miktarı, minimum 29 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E2), maksimum 94 µg/l olarak Dikilitaş deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde P miktarı 30 ile 52 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 43 µg/l'dir (Şekil 3.75). 5 örnekleme noktasında ölçülen P miktarı, minimum 30 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-

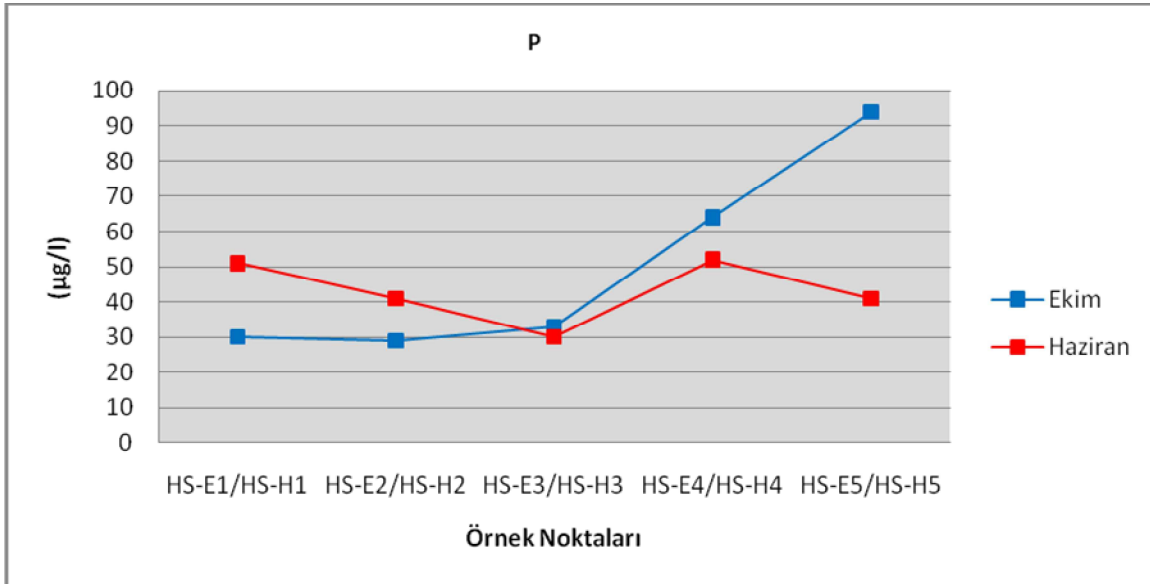


H3), maksimum 52 µg/l olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen P miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin P ve Se değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), P ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre P miktarı arttıkça Se ve Hg miktarı artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin P ve As değerleri arasında  $r = 0.89$  değerinde ( $p=0.037<0.041$ ), P ve Cd değerleri arasında  $r = 0.97$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), P ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), P ve Mn değerleri arasında  $r = 1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), P ve Zn değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre P miktarı arttıkça As, Cd, Hg, Mn ve Zn miktarı artmaktadır.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen P miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından II. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.75. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki P miktarları

**Tablo 3.10.** Ekim 2011 dönemi su örneklerindeki bazı fiziksel, inorganik-kimyasal ve inorganik kirlenme parametrelerine ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	pH	Sıc.	ORP	İlet.	Tuz.	Na	P	
<b>Al</b>	1.00																						
<b>As</b>	0.44	1.00																					
<b>B</b>	-0.40	-0.78	1.00																				
<b>Ba</b>	-0.20	-0.22	0.40	1.00																			
<b>Cd</b>	-0.35	0.39	-0.70	-0.35	1.00																		
<b>Co</b>	<b>0.97</b>	0.45	-0.35	-0.35	-0.36	1.00																	
<b>Cr</b>	0.70	-0.22	-0.10	-0.30	-0.35	0.66	1.00																
<b>Cu</b>	0.60	-0.11	0.30	-0.40	-0.70	0.71	0.60	1.00															
<b>Fe</b>	0.00	-0.39	0.35	-0.70	-0.25	0.18	0.35	0.70	1.00														
<b>Hg</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
<b>Mn</b>	<b>0.90</b>	0.22	0.00	0.10	-0.70	<b>0.87</b>	0.60	0.70	0.00	0.00	1.00												
<b>Ni</b>	0.70	-0.22	-0.10	-0.30	-0.35	0.66	<b>1.00</b>	0.60	0.35	0.00	0.60	1.00											
<b>Pb</b>	0.60	-0.22	0.00	-0.60	-0.35	0.66	<b>0.90</b>	0.80	0.70	0.00	0.50	<b>0.90</b>	1.00										
<b>Se</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
<b>Zn</b>	0.00	-0.11	0.60	0.80	-0.70	-0.05	-0.30	0.10	-0.35	0.00	0.40	-0.30	-0.40	0.00	1.00								
<b>pH</b>	0.50	0.11	-0.10	0.70	-0.35	0.30	0.30	-0.10	-0.70	0.00	0.60	0.30	-0.10	0.00	0.50	1.00							
<b>Sıc.</b>	0.50	<b>0.89</b>	-0.80	0.10	0.35	0.41	-0.10	-0.30	-0.70	0.00	0.30	-0.10	-0.30	0.00	0.00	0.50	1.00						
<b>ORP</b>	-0.10	0.22	-0.20	<b>-0.90</b>	0.35	0.10	-0.10	0.30	0.70	0.00	-0.30	-0.10	0.30	0.00	-0.60	<b>-0.90</b>	-0.20	1.00					
<b>İlet.</b>	0.20	-0.78	0.60	0.20	-0.70	0.15	0.70	0.50	0.35	0.00	0.40	0.70	0.60	0.00	0.20	0.30	-0.60	-0.40	1.00				
<b>Tuz.</b>	0.20	-0.78	0.60	0.20	-0.70	0.15	0.70	0.50	0.35	0.00	0.40	0.70	0.60	0.00	0.20	0.30	-0.60	-0.40	<b>1.00</b>	1.00			
<b>Na</b>	-0.30	-0.78	<b>0.90</b>	0.70	-0.70	-0.35	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	-0.10	0.00	0.70	0.30	-0.60	-0.60	0.70	0.70	1.00		
<b>P</b>	0.20	0.28	<b>-0.82</b>	-0.41	0.72	0.13	0.35	-0.35	-0.18	0.00	-0.20	0.35	0.20	0.00	<b>-0.82</b>	0.05	0.41	0.10	-0.20	-0.20	-0.66	1.00	

\*Koyu kırmızı renkli olanlar  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlıdır. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limitinin alt değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

**Tablo 3.11.** Haziran 2012 dönemi su örneklerindeki bazı fiziksel, inorganik-kimyasal ve inorganik kirlenme parametrelerine ait hesaplanan Pearson korelasyon matrisi

	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	pH	Sıc.	ORP	İlet.	Tuz.	Na	P	
<b>Al</b>	1.00																						
<b>As</b>	0.44	1.00																					
<b>B</b>	0.60	-0.44	1.00																				
<b>Ba</b>	-0.30	0.33	-0.60	1.00																			
<b>Cd</b>	0.61	<b>0.91</b>	-0.20	0.20	1.00																		
<b>Co</b>	0.05	0.57	-0.46	0.71	0.28	1.00																	
<b>Cr</b>	-0.40	0.33	-0.70	<b>0.90</b>	0.05	<b>0.87</b>	1.00																
<b>Cu</b>	-0.10	-0.44	0.30	0.50	-0.35	0.15	0.30	1.00															
<b>Fe</b>	0.10	<b>0.89</b>	-0.70	0.60	0.66	0.82	0.70	-0.30	1.00														
<b>Hg</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
<b>Mn</b>	0.50	<b>0.89</b>	-0.30	0.40	<b>0.97</b>	0.35	0.20	-0.20	0.70	0.00	1.00												
<b>Ni</b>	-0.30	0.11	-0.40	0.70	-0.20	<b>0.87</b>	<b>0.90</b>	0.40	0.50	0.00	-0.10	1.00											
<b>Pb</b>	<b>0.82</b>	0.57	0.30	-0.35	0.52	0.28	-0.20	-0.46	0.35	0.00	0.35	-0.05	1.00										
<b>Se</b>	-0.70	-0.39	-0.35	0.70	-0.54	0.36	0.70	0.70	0.00	0.00	-0.35	0.70	-0.72	1.00									
<b>Zn</b>	0.70	<b>0.89</b>	-0.10	0.00	<b>0.97</b>	0.20	-0.10	-0.50	0.60	0.00	<b>0.90</b>	-0.30	0.66	-0.70	1.00								
<b>pH</b>	-0.10	0.11	-0.20	<b>0.90</b>	0.10	0.56	0.70	0.80	0.30	0.00	0.30	0.60	-0.35	0.70	-0.10	1.00							
<b>Sıc.</b>	0.10	-0.78	0.80	-0.60	-0.71	-0.41	-0.50	0.30	-0.80	0.00	-0.80	-0.10	0.05	0.00	-0.60	-0.30	1.00						
<b>ORP</b>	0.30	-0.33	0.60	<b>-1.00</b>	-0.20	-0.71	<b>-0.90</b>	-0.50	-0.60	0.00	-0.40	-0.70	0.35	-0.70	0.00	<b>-0.90</b>	0.60	1.00					
<b>İlet.</b>	-0.30	-0.44	0.10	0.30	-0.66	0.46	0.50	0.60	-0.10	0.00	-0.60	0.80	-0.15	0.70	-0.70	0.40	0.50	-0.30	1.00				
<b>Tuz.</b>	-0.30	-0.44	0.10	0.30	-0.66	0.46	0.50	0.60	-0.10	0.00	-0.60	0.80	-0.15	0.70	-0.70	0.40	0.50	-0.30	<b>1.00</b>	1.00			
<b>Na</b>	-0.30	-0.78	0.40	0.20	-0.71	-0.10	0.10	<b>0.90</b>	-0.60	0.00	-0.60	0.30	-0.56	0.70	-0.80	0.50	0.60	-0.20	0.70	0.70	1.00		
<b>P</b>	0.50	<b>0.89</b>	-0.30	0.40	<b>0.97</b>	0.35	0.20	-0.20	0.70	0.00	<b>1.00</b>	-0.10	0.35	-0.35	<b>0.90</b>	0.30	-0.80	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	1.00	

\*Koyu kırmızı renkli olanlar  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı, koyu siyah renkli olanlar ise  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlıdır. Deteksiyon limitinin altında çıkan parametrelere deteksiyon limitinin alt değerleri verilerek hesaplama yapılmıştır.

### 3.9.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analizleri

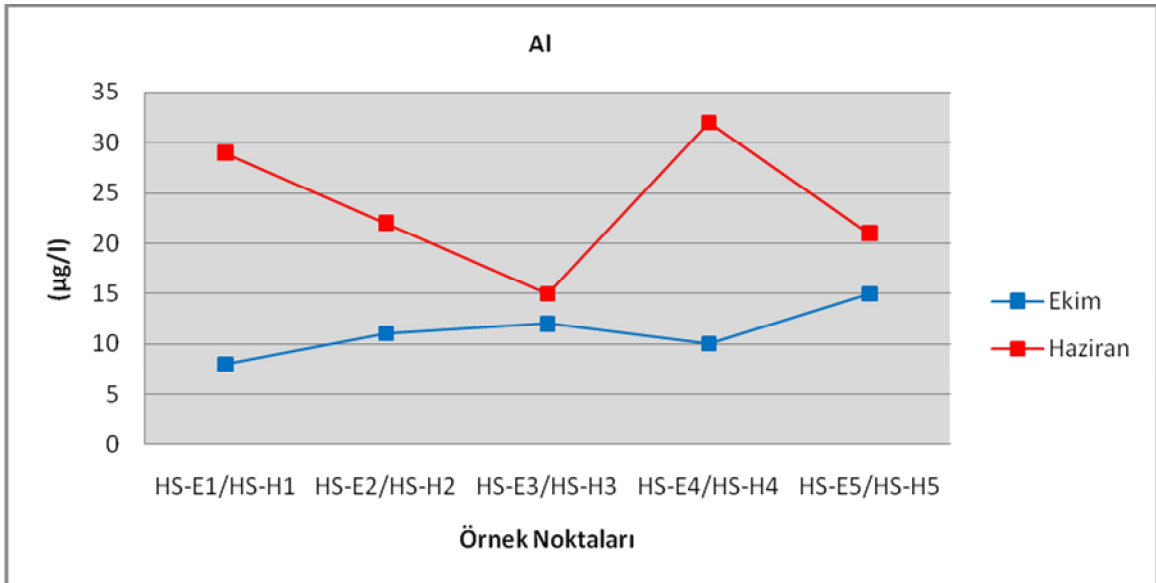
#### Alüminyum (Al)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Al miktarı 8 ile 15  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 11.2  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.76). 5 örnekleme noktasında ölçülen Al miktarı, minimum 8  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1), maksimum 15  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Al miktarı 15 ile 32  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 23.8  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.76). 5 örnekleme noktasında ölçülen Al miktarı, minimum 15  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3), maksimum 32  $\mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Al miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Al miktarı, Ekim ayındaki Al miktarından yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Al miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.76. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Al miktarları

**Tablo 3.12.** İnceleme alanından alınan su örneklerine ait inorganik kirlenme parametreleri analiz sonuçları ve bazı istatistik parametreler ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (S.K.K.Y.) Kalite Kriterleri

Örnek No		İnorganik Kirlenme Parametreleri (µg/l)														
		Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
EKİM	HS-E1	8	<0.5	31	23.77	0.07	0.05	2.3	5.1	39	<0.1	2.8	1.9	1.3	0.8	245
	HS-E2	11	<0.5	73	7.12	0.07	0.04	1.2	4.1	20	<0.1	2.21	1.1	3	<0.5	283.1
	HS-E3	12	<0.5	92	12.4	0.15	<0.02	1.1	4.4	18	<0.1	4.47	0.4	2.4	<0.5	600.1
	HS-E4	10	1	25	16.77	0.18	0.04	1.6	4	40	<0.1	5.25	0.7	2.4	<0.5	633.4
	HS-E5	15	2.9	55	20.8	0.23	0.07	1.7	4.2	41	<0.1	7.05	1.4	3.1	<0.5	827.6
	Minimum	8	<0.5	25	7.12	0.07	<0.02	1.1	4	18	<0.1	2.21	0.4	1.3	<0.5	245
	Maksimum	15	2.9	92	23.77	0.23	0.07	2.3	5.1	41	<0.1	7.05	1.9	3.1	0.8	827.6
	Ortalama	11.2	1.02	55.2	16.17	0.14	0.04	1.58	4.36	31.6	0.09	4.35	1.1	2.44	0.48	517.84
	Standart Sapma	2.6	1.08	28.14	6.62	0.07	0.02	0.47	0.43	11.54	0	1.94	0.58	0.71	0.17	247.79
HAZİRAN	HS-H1	29	<0.5	80	58.05	<0.05	0.04	4.7	1.3	<10	<0.1	4.96	1.9	10.1	<0.5	14.6
	HS-H2	22	<0.5	105	19.46	<0.05	0.04	3.9	1.7	107	<0.1	4.14	1.5	14.6	<0.5	7.9
	HS-H3	15	<0.5	129	70.74	<0.05	<0.02	1.9	1	<10	<0.1	3.85	0.3	7.8	<0.5	29.5
	HS-H4	32	1.1	45	51.16	<0.05	0.05	3.7	1.6	<10	<0.1	6.2	1.4	10	<0.5	14.7
	HS-H5	21	0.6	20	25.86	0.06	0.02	3.3	0.7	<10	<0.1	3.32	0.8	9.8	<0.5	1.9
	Minimum	15	<0.5	20	19.46	<0.05	<0.02	1.9	0.7	<10	<0.1	3.32	0.3	7.8	<0.5	1.9
	Maksimum	32	1.1	129	70.74	0.06	0.05	4.7	1.7	107	<0.1	6.2	1.9	14.6	<0.5	29.5
	Ortalama	23.8	0.58	75.8	45.05	0.04	0.032	3.5	1.26	28.6	0.09	4.49	1.18	10.46	0.4	13.72
	Standart Sapma	6.76	0.30	44.05	21.73	0.008	0.016	1.02	0.41	43.8	0	1.12	0.63	2.49	0	10.29
S.K.K.Y.	MW	0.50	11.50	9.00	2.00	0.00	9.00	1.00	0.00	5.00	12.50	12.00	11.00	0.00	10.00	0.00
	p	0.01	0.81	0.46	0.02	0.00	0.44	0.01	0.00	0.10	1.00	0.91	0.75	0.00	0.31	0.00
S.K.K.Y.	I. Sınıf	300	20	1000	1000	3	10	20	20	300	0.1	100	20	10	10	200
	II. Sınıf	300	50	1000	2000	5	20	50	50	1000	0.5	500	50	20	10	500

## Arsenik

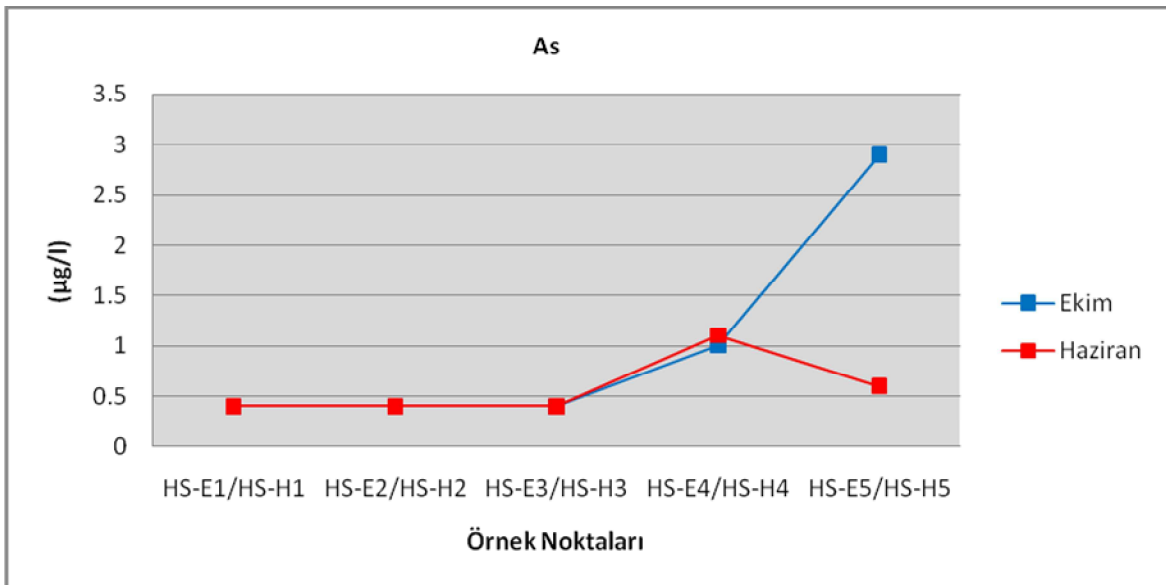
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde As miktarı  $<0.5$  ile  $2.9 \mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama  $1.02 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.77). 5 örnekleme noktasında ölçülen As miktarı, minimum  $<0.5 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresinden alınan su örneklerinde (HS-E1,HS-E2,HS-E3), maksimum  $2.9 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde As miktarı  $<0.5$  ile  $1.1 \mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama  $0.58 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.77). 5 örnekleme noktasında ölçülen As miktarı, minimum  $<0.5 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresinden alınan su örneklerinde (HS-H1,HS-H2,HS-H3), maksimum  $1.1 \mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen As miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen As miktarları S.K.K.Y.'ne göre kıta içi su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Sıcaklık ve As değerleri arasında  $r = 0.89$  değerinde ( $p=0.041<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre sıcaklık arttıkça As miktarı artmaktadır.



Şekil 3.77. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki As miktarları

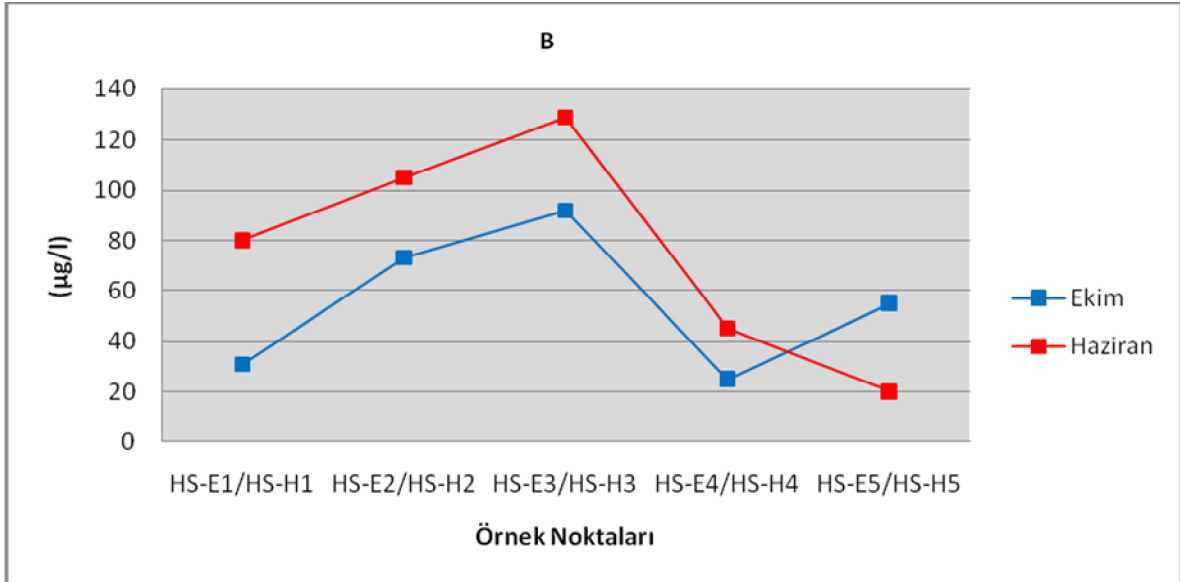
## Bor (B)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde B miktarı 25 ile 92  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 55.2  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.78). 5 örnekleme noktasında ölçülen B miktarı, minimum 25  $\mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 92  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-E3) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde B miktarı 20 ile 129  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 75.8  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.78). 5 örnekleme noktasında ölçülen B miktarı, minimum 20  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5), maksimum 129  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen B miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen B miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.



Şekil 3.78. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki B miktarları

## Baryum (Ba)

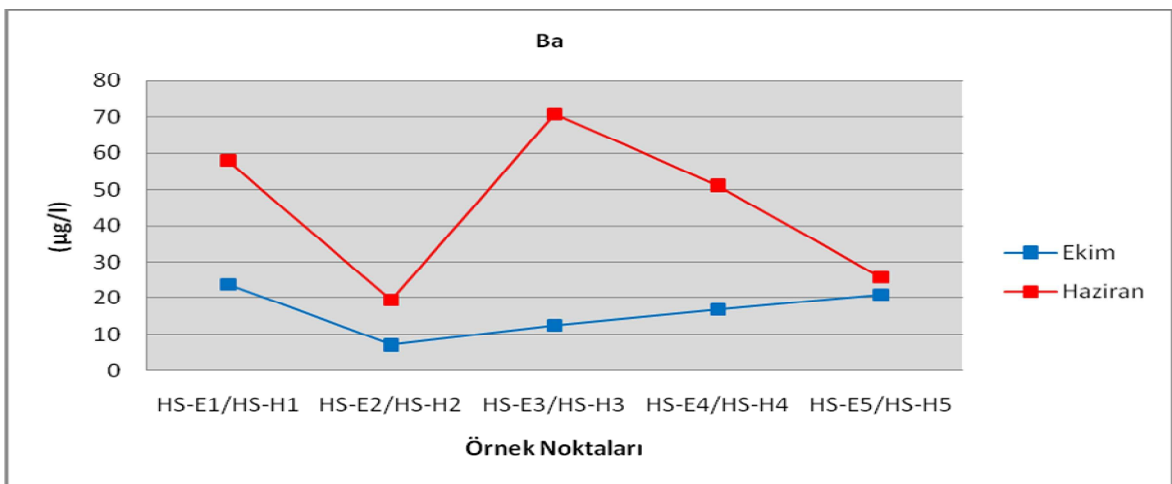
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Ba miktarı 7.12 ile 23.77 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 16.17 µg/l'dir (Şekil 3.79). 5 örnekleme noktasında ölçülen Ba miktarı, minimum 7.12 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E2), maksimum 23.77 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Ba miktarı 19.46 ile 70.74 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 45.05 µg/l'dir (Şekil 3.79). 5 örnekleme noktasında ölçülen Ba miktarı, minimum 19.46 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2), maksimum 70.74 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ba miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Ba miktarı, Ekim ayındaki Ba miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ba miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin pH ve Ba değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p = 0.037 < 0.05$ ) pozitif bir korelasyon, ORP ile Ba değerleri arasında  $r = -1$  değerinde ( $p = 0.000 < 0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre pH arttıkça Ba miktarı artmakta, ORP arttıkça Ba miktarı azalmaktadır.



Şekil 3.79. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Ba miktarları



## Kadmiyum

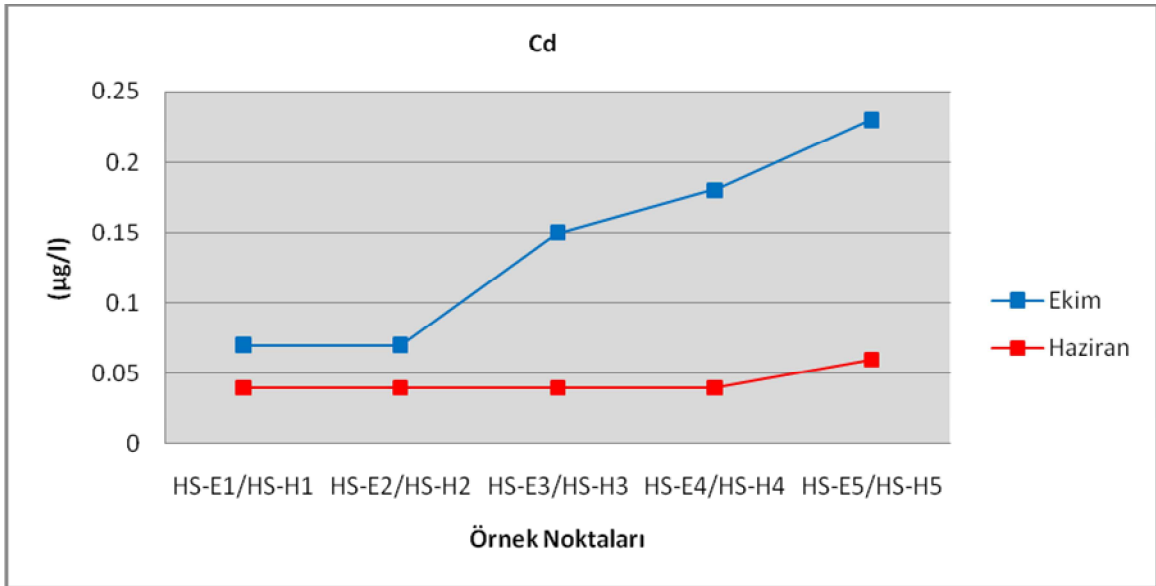
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Cd miktarı 0.07 ile 0.23  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 0.14  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.80). 5 örnekleme noktasında ölçülen Cd miktarı, minimum 0.07  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi batı kolu ile Dikilitaş deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneklerinde (HS-E1,HS-E2), maksimum 0.23  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Cd miktarı 0.06  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise  $<0.05$   $\mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüştür. Ortalama Cd miktarı ise 0.04  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.80).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cd miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Cd miktarı, Ekim ayındaki Cd miktarından düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cd miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Cd ve As değerleri arasında  $r = 0.91$  değerinde ( $p=0.028<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Cd miktarı arttıkça As miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.80. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cd miktarları

## Kobalt

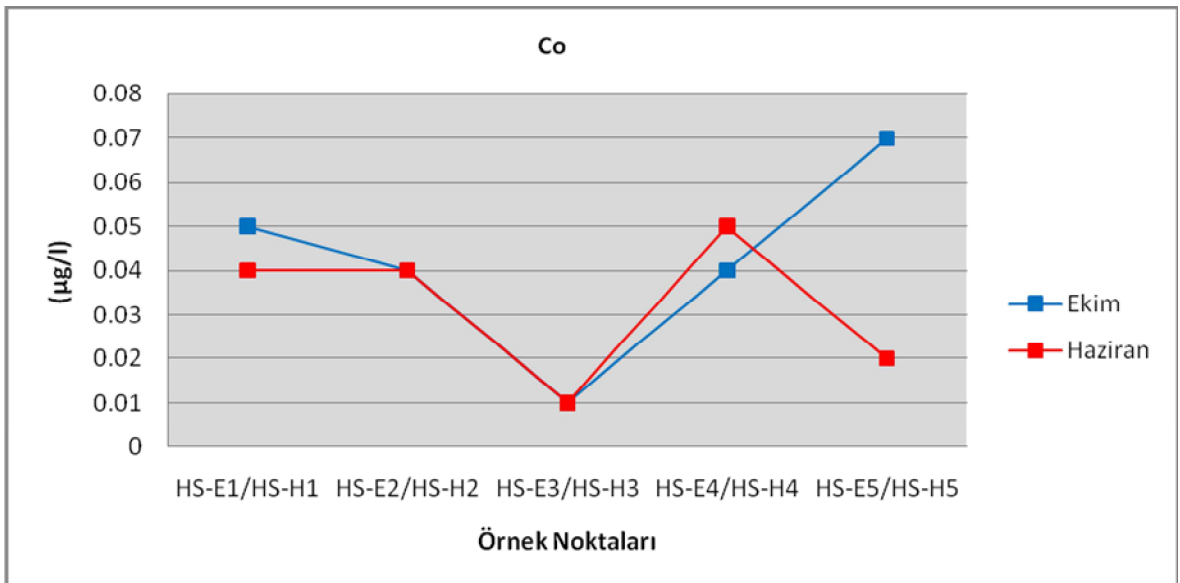
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Co miktarı  $<0.02$  ile  $0.07 \mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama  $0.04 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.81). 5 örnekleme noktasında ölçülen Co miktarı, minimum  $<0.02 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-E3), maksimum  $0.07 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Co miktarı  $<0.02$  ile  $0.05 \mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama  $0.03 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.81). 5 örnekleme noktasında ölçülen Co miktarı, minimum  $<0.02 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3), maksimum  $0.05 \mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Co miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Co miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Co ve Al değerleri arasında  $r = 0.97$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Co miktarı arttıkça Al miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.81. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Co miktarları

## Krom

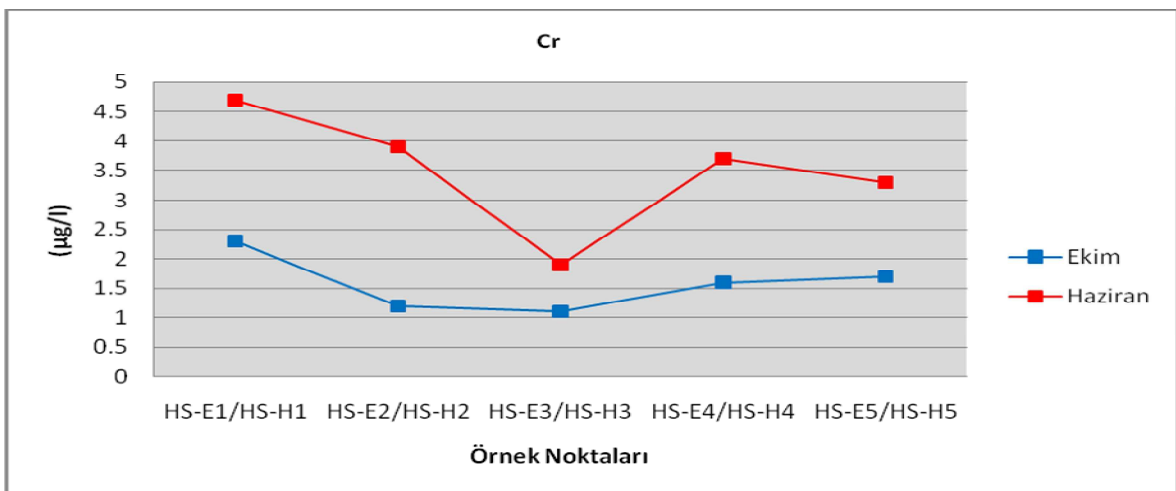
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Cr miktarı 1.1 ile 2.3 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 1.58 µg/l'dir (Şekil 3.82). 5 örnekleme noktasında ölçülen Cr miktarı, minimum 1.1 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-E3), maksimum 2.3 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Cr miktarı 1.9 ile 4.7 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 3.5 µg/l'dir (Şekil 3.82). 5 örnekleme noktasında ölçülen Cr miktarı, minimum 1.9 µg/l olarak Dikilitaş deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3), maksimum 4.7 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cr miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Cr miktarı, Ekim ayındaki Cr miktarından yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cr miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Cr ve Ba değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ) pozitif bir korelasyon, ORP ve Cr değerleri arasında  $r = -0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ) negatif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Cr miktarı arttıkça Ba miktarı artmakta, ORP arttıkça Cr miktarı azalmaktadır.



Şekil 3.82. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cr miktarları

## Bakır

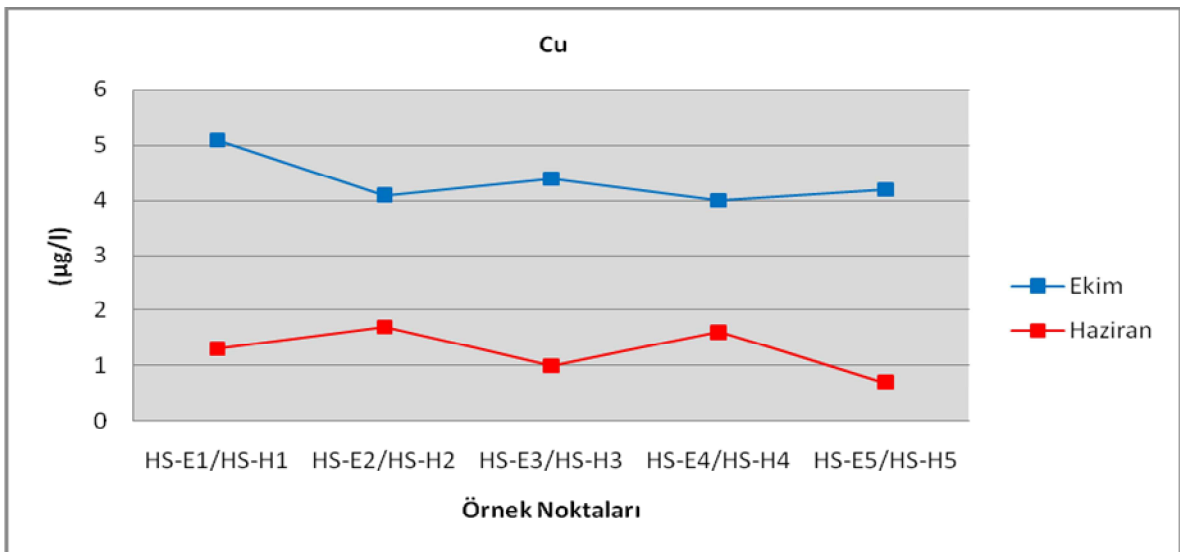
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Cu miktarı 4 ile 5.1  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 4.36  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.83). 5 örnekleme noktasında ölçülen Cu miktarı, minimum 4  $\mu\text{g/l}$  olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-E4), maksimum 5.1  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Cu miktarı 0.7 ile 1.7  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 1.26  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.83). 5 örnekleme noktasında ölçülen Cu miktarı, minimum 0.7  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5), maksimum 1.7  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cu miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Cu miktarı, Ekim ayındaki Cu miktarından düşük bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Cu miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Na ve Cu değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p = 0.037 < 0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Na miktarı arttıkça Cu miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.83. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Cu miktarları

## Demir (Fe)

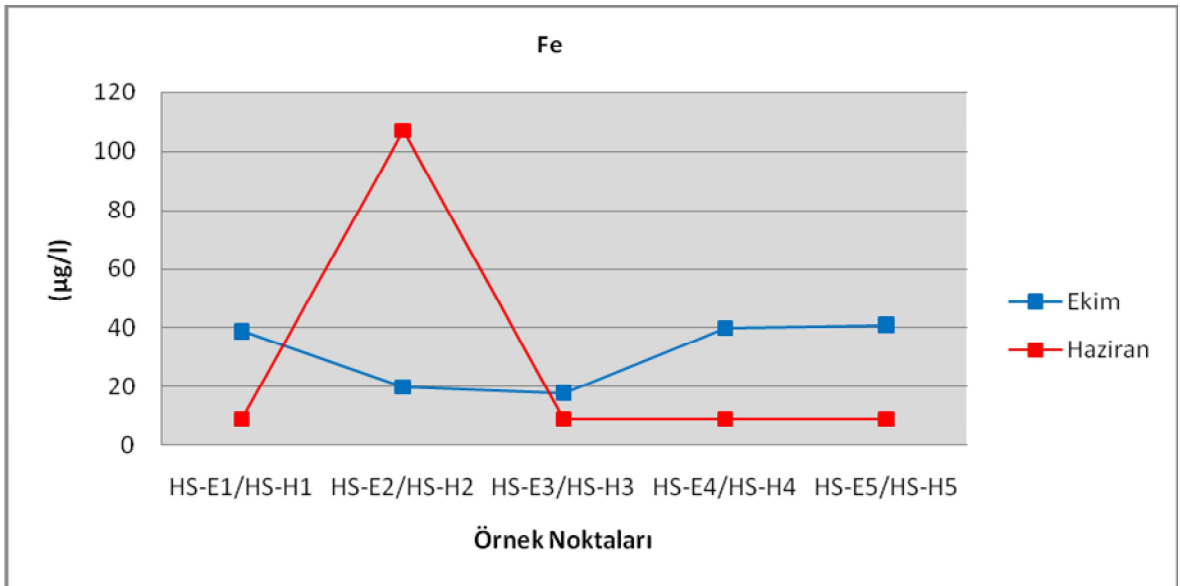
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Fe miktarı 18 ile 41  $\mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama 31.6  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.84). 5 örnekleme noktasında ölçülen Fe miktarı, minimum 18  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-E3), maksimum 41  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Fe miktarı 107  $\mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise  $<10$   $\mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüştür. Ortalama Fe miktarı ise 28.6  $\mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.84).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Fe miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. ( $p>0.05$ )

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Fe miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Fe ve As değerleri arasında  $r = 0.89$  değerinde ( $p=0.041<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Fe miktarı arttıkça As miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.84. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Fe miktarları

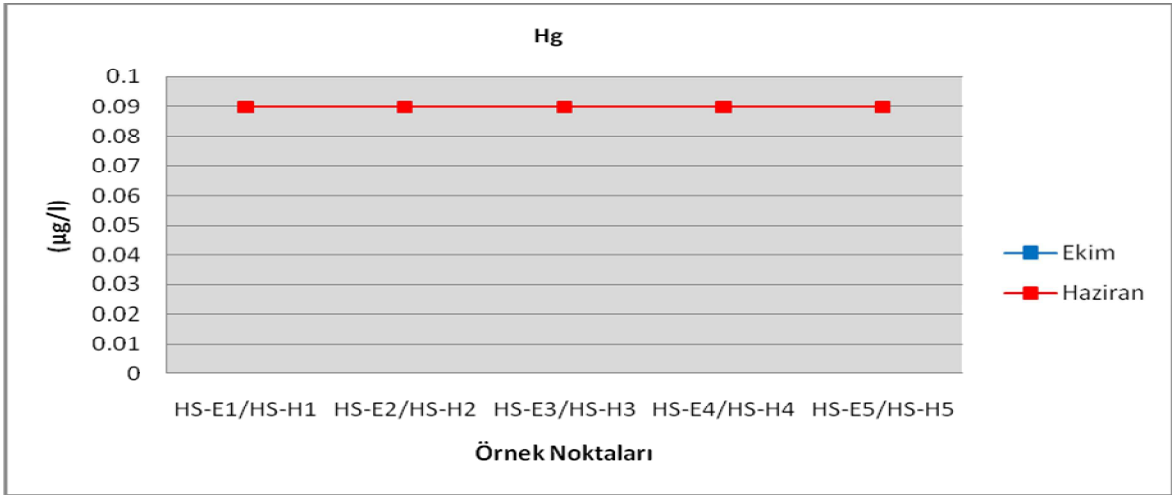
## Civa

Ekim 2011 ve Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerindeki Hg miktarı tüm örnekleme noktalarında  $<0.1 \mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüştür (Şekil 3.85).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Hg miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Hg miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemi ve Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Hg ve Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Hg miktarı arttıkça Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe miktarları da artmaktadır. Ayrıca fiziksel parametrelerden ORP, sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik, Na, P ile Hg arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre ORP, sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik, Na, P arttıkça Hg miktarı artmaktadır.



Şekil 3.85. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Hg miktarları

## Mangan (Mn)

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Mn miktarı  $2.21$  ile  $7.05 \mu\text{g/l}$  arasında değişmekte olup ortalama  $4.35 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.86). 5 örnekleme noktasında ölçülen Mn miktarı, minimum  $2.21 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından

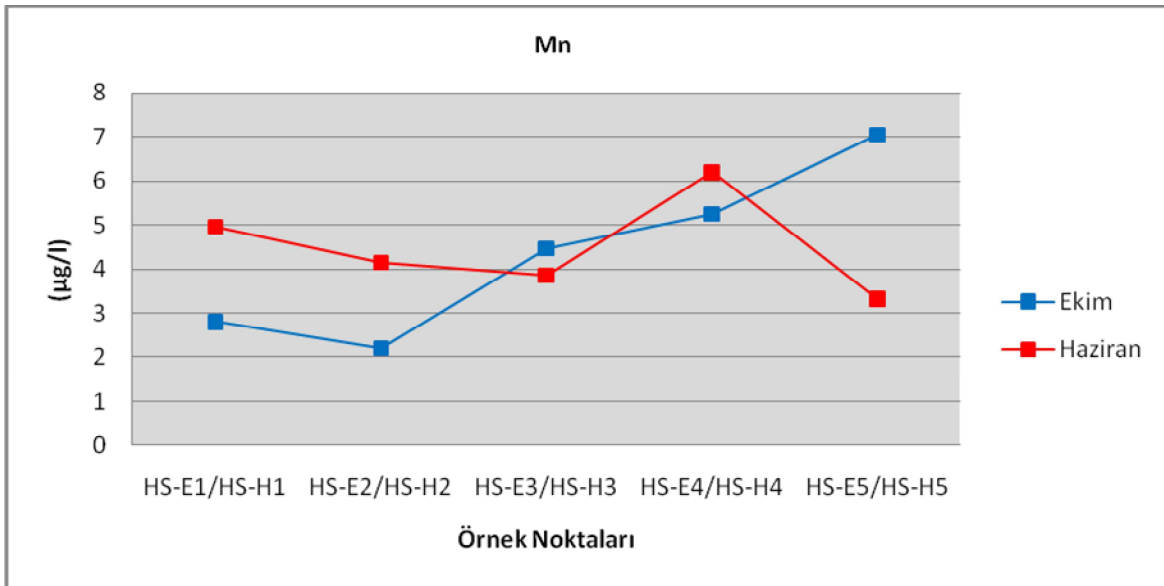
alınan su örneğinde (HS-E2), maksimum 7.05 µg/l olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Mn miktarı 3.32 ile 6.2 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 4.49 µg/l'dir (Şekil 3.86). 5 örnekleme noktasında ölçülen Mn miktarı, minimum 3.32 µg/l olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5), maksimum 6.2 µg/l olarak Hasangazi Deresinden alınan su örneğinde (HS-H4) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Mn miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Mn miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Mn ve Al değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Mn ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Mn miktarı arttıkça Al ve Hg miktarı da artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Mn ve As değerleri arasında  $r = 0.89$  değerinde ( $p=0.041<0.05$ ), Mn ve Cd değerleri arasında  $r = 0.97$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), Mn ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Mn miktarı arttıkça As, Cd ve Hg miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.86. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Mn miktarları

## Nikel

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Ni miktarı 0.4 ile 1.9 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 1.1 µg/l'dir (Şekil 3.87). 5 örnekleme noktasında ölçülen Ni miktarı, minimum 0.4 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-E3), maksimum 1.9 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüştür.

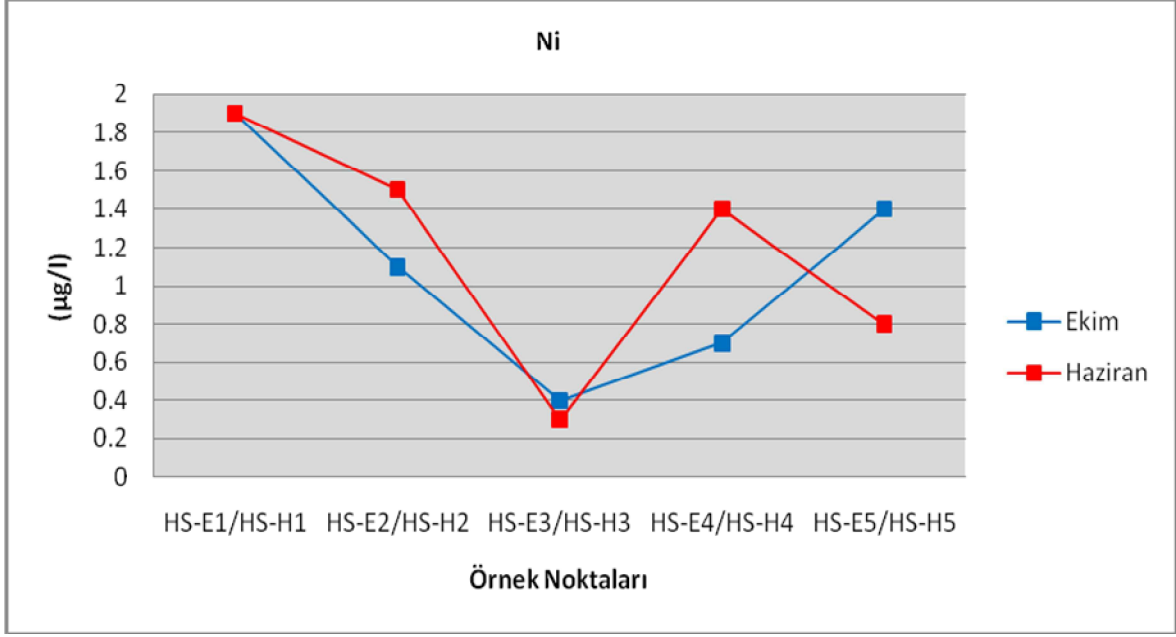
Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Ni miktarı 0.3 ile 1.9 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 1.18 µg/l'dir (Şekil 3.87). 5 örnekleme noktasında ölçülen Ni miktarı, minimum 0.3 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3), maksimum 1.9 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-H1) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ni miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Ni miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Ni ve Cr değerleri arasında  $r = 1$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), Ni ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Ni miktarı arttıkça Cr ve Hg miktarı da artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Ni ve Cr değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Ni ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Ni miktarı arttıkça Cr ve Hg miktarı da artmaktadır.





Şekil 3.87. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Ni miktarları

## Kurşun

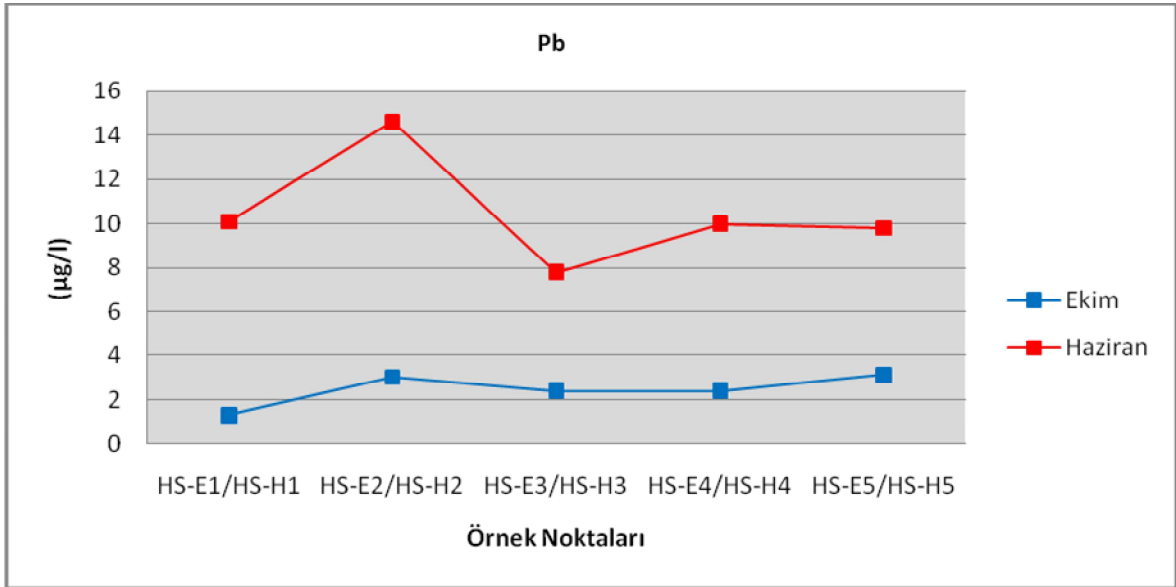
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Pb miktarı 1.3 ile 3.1 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 2.44 µg/l'dir (Şekil 3.88). 5 örnekleme noktasında ölçülen Pb miktarı, minimum 1.3 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1), maksimum 3.1 µg/l olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Pb miktarı 7.8 ile 14.6 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 10.46 µg/l'dir (Şekil 3.88). 5 örnekleme noktasında ölçülen Pb miktarı, minimum 7.8 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3), maksimum 14.6 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu ve batı kolu birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H2) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Pb miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Pb miktarı, Ekim ayındaki Pb miktarından yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Haziran aylarında ölçülen Pb miktar ortalaması S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından II. Sınıf, Ekim ayında ise I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Pb ve Cr değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Pb ve Ni değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ), Pb ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Pb miktarı arttıkça Cr, Ni ve Hg miktarı da artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Pb ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Pb miktarı arttıkça Hg miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.88. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Pb miktarları

### Selenyum (Se)

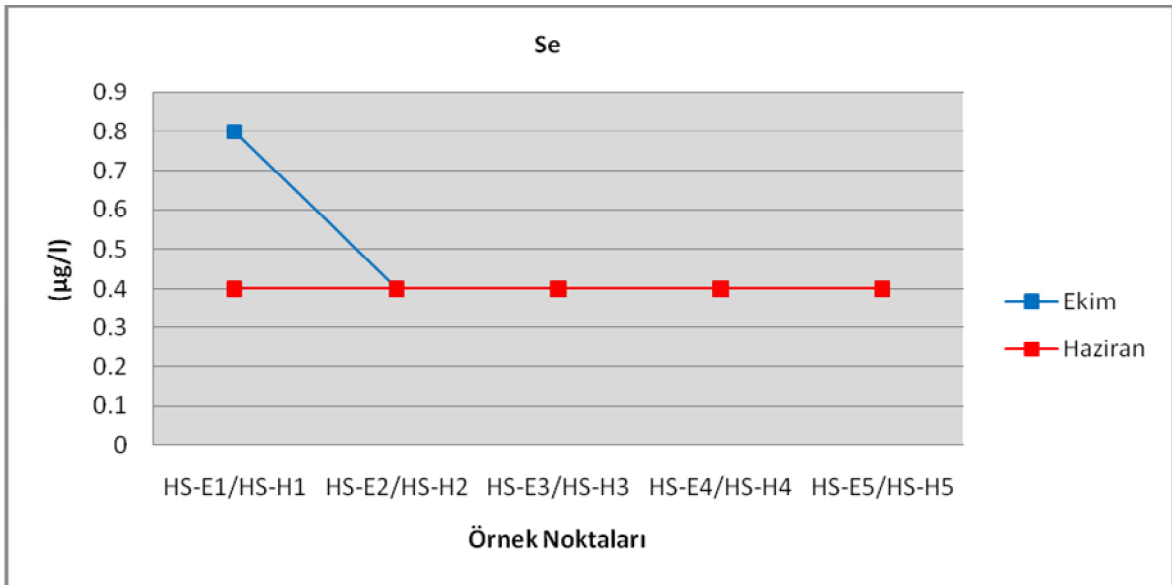
Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Se miktarı  $0.8 \mu\text{g/l}$  olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1) ölçülmüş olup diğer örnek noktalarında ise  $<0.5 \mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüştür. Ortalama Se miktarı ise  $0.48 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.89).

Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Se miktarı tüm örnek noktalarında  $<0.5 \mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüştür. Ortalama Se miktarı ise  $0.4 \mu\text{g/l}$ 'dir (Şekil 3.89).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Se miktarlarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Se miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Se ve Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Se miktarı arttıkça Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb miktarları da artmaktadır. Ayrıca fiziksel parametrelerden ORP, sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik, Na, P ile Se arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre ORP, sıcaklık, pH, tuzluluk, iletkenlik, Na, P arttıkça Se miktarı artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Se ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Se miktarı arttıkça Hg miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.89. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Se miktarları

## Çinko

Ekim 2011 döneminde alınan su örneklerinde Zn miktarı 245 ile 827.6 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 517.84 µg/l'dir (Şekil 3.90). 5 örnekleme noktasında ölçülen Zn miktarı, minimum 245 µg/l olarak Dikilitaş Deresi batı kolundan alınan su örneğinde (HS-E1), maksimum 827.6 µg/l olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-E5) ölçülmüştür.

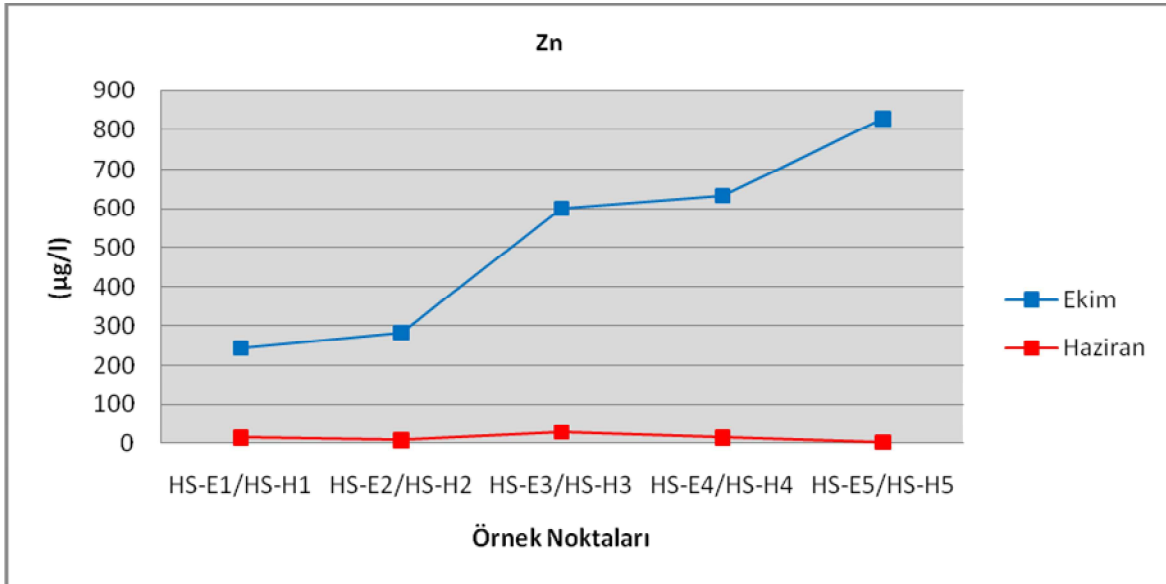
Haziran 2012 döneminde alınan su örneklerinde Zn miktarı 1.9 ile 29.5 µg/l arasında değişmekte olup ortalama 13.72 µg/l'dir (Şekil 3.90). 5 örnekleme noktasında ölçülen Zn

miktarı, minimum 1.9 µg/l olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi Deresi birleşim noktasından alınan su örneğinde (HS-H5), maksimum 29.5 µg/l olarak Dikilitaş Deresi doğu kolundan alınan su örneğinde (HS-H3) ölçülmüştür.

Haziran ve Ekim aylarında ölçülen Zn miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür. Haziran ayında alınan su örneklerinin Zn miktarı, Ekim ayındaki Zn miktarından düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Haziran ayında ölçülen Zn miktarları S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından I. Sınıf, Ekim ayında ölçülen Zn miktarları ise S.K.K.Y.'ne göre su kalitesi açısından III. Sınıf bulunmuştur.

Ekim 2011 dönemine ait su örneklerinin Zn ve Hg değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), Zn ve Se değerleri arasında  $r = 0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Zn miktarı arttıkça Hg ve Se miktarı da artmaktadır. Haziran 2012 dönemine ait su örneklerinin Zn ve As değerleri arasında  $r = 0.89$  değerinde ( $p=0.041<0.05$ ), Zn ve Cd değerleri arasında  $r = 0.97$  değerinde ( $p=0.005<0.05$ ), Zn ve Hg değerleri arasında  $r=0$  değerinde ( $p=0.000<0.05$ ), Zn ve Mn değerleri arasında  $r = 0.9$  değerinde ( $p=0.037<0.05$ ) pozitif bir korelasyon mevcuttur. Buna göre Zn miktarı arttıkça As, Cd, Hg, Mn miktarı da artmaktadır.



Şekil 3.90. Ocak alanı ve çevresinden alınan su numunelerindeki Zn miktarları

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

- Hasangazi krom işletmesine en yakın yerleşim alanı Hasangazi mahallesi olup, buradan yaklaşık 3.5 km'lik stabilize yolla işletme alanına ulaşılmaktadır. İşletme alanının içinden Hasangazi deresinin bir kolu olan Dikilitaş deresi geçmektedir. Dere yatağına varmadan ve dere yatağının içinden geçtiği iki ayrı alanda (sırasıyla 1 ve 2 nolu işletme alanları) açık ocak madenciliği ile cevher çıkarılmış ve işletme alanında birisi 1 nolu işletme, diğer ikisi 2 nolu işletme alanında olmak üzere 3 adet çukur oluşmuştur. Mezra Tepenin güneybatı eteği de kazı alanı içerisinde kalmıştır. İşletme sonucunda elde edilen cevher 1 nolu işletme alanında stoklanarak nakliye edilmiş, açığa çıkan pasa ise her iki işletme alanında da yamaçların doğal eğiminden faydalanılarak dere yatağına doğru dökülmüştür. Bu tez kapsamında çalışılan 2011-2012 yılları arasında işletmede herhangi bir faaliyet gözlenmemiştir.

- Hasangazi krom işletmesinin bulunduğu alanda Kretase yaşlı ofiyolitik ve metamorfik kayalar ile Miyosen yaşlı volkanik ve volkanoklastik kayalar yer almaktadır. Krom cevherleşmeleri ofiyolitik kayaların içerisinde birbirinden bağımsız mercekler veya derine doğru devam eden şekilsiz kütleler halindedir. Cevher daha yaygın olarak Dikilitaş derenin doğu ve batı kolu ile sınırlanmış olan yamaçta (2 nolu işletme) yüzeylenmiştir. 1 nolu işletme alanında cevherin yan kayacını hazburjit, serpantinit ve mikrogabro blokları oluştururken, 2 nolu işletme alanında cevher yan kayacını harzburjit, dünit ile serpantinit oluşturmakta ve cevherli zon doleritik kayalar ile sınırlanmaktadır.

- Cevher orta ve iri taneli, masif ve saçınımlıdır. Cevherin gang minerali olan olivinler ise kenarları, kırık ve çatlakları boyunca tamamen serpentine dönüşmüş ve bu esnada yaygın şekilde elek (mesh) dokusu gelişmiştir. Cevherleşme sonrası etkin olan tektonizma sonucunda, kromitte çok kırıklı, çatlaklı bir yapı gelişirken, yan kayaçta breşik yapı gelişmiştir.

- Mineral kimyası verilerinden kromitin Mg-Al'lu kromit, kromitin gangını oluşturan olivinlerin forsterit, piroksenlerin enstatit ve serpantinlerin ise XRD sonuçları ile uyumlu olarak krizotil olduğu belirlenmiştir.

- Yağışlı dönem sonunda Hasangazi köyü kuzeybatısında, köyün üst kısmındaki bahçe toprağı hariç, Hasangazi kromit işletmesi ve civarında, hem işletme pasası hem de

dere sedimentlerinin XRD ile belirlenen ana bileşenlerini serpantin grubu mineraller (çoğu krizotil daha az antigorit) oluşturmaktadır. Mikroskobik çalışmalarda elde edilen sonuçlarla birleştirildiğinde, pasa ve dere sedimentleri içerisindeki serpantin grubu mineraller, kromitin esas gangı olan olivin mineralinin bozulması sonucunda meydana gelmiştir. Serpantin minerallerine eşlik eden plajiyoklasların, kromit cevherinin yan kayacı olan mikrogabro ve doleritlerden, kuvarsın cevherleşme sonrası yörede etkin olan silis getirimi ile cevher ve yan kayacındaki kırıkları dolduran ikincil silis minerallerinden türediğini, kalsit ve dolomitin ise cevherleşmenin yakınındaki metamorfitlere ait kireçtaşı ve mermer alanlarından kaynaklandığını göstermektedir. Simektit ve montmorillonit gibi kil minerallerinin ise kromit cevherinin yan kayalarındaki ve cevherleşme alanındaki volkanik kayaların esas minerali olan feldispatların alterasyonu ile oluştuğu düşünülmektedir. Klorit, gabro ve doleritlerdeki piroksenlerin alterasyonu sonucunda oluşmuştur. Hasangazi deresi sedimentlerindeki serpantin mineralleri ise, krom cevherinin içinde yer aldığı ofiyolitik kayalardan türemiştir.

- Kurak dönem sonunda alınan örneklerin XRD çözümlenmeleri sonucunda ise; krom işletmesinin etkileyemeyeceği Hasangazi deresinin memba kısmından alınan örnekte serpantin minerallerinin yokluğu, buna karşın, krom ocağından gelen Dikilitaş deresinin Hasangazi deresine karıştığı noktadan hemen sonra alınan Hasangazi dere sedimentinde serpantin minerallerinin belirlenmiş olması, krom ocağı pasalarındaki serpantinlerin işletme dışına kolayca taşındığını göstermektedir. İlâveten, işletme pasaları ve işletmenin içinden geçen Dikilitaş dere sedimenlerinin benzer mineralojik bileşimleri ve her ikisinde de esas mineralin serpantin oluşu, dere sedimentlerindeki serpantin kaynaklarının cevher atığı pasalar olduğunu göstermektedir. Bu pasalardan atmosferik etkilerle serbestleşen serpantin mineralleri yağışlı dönemlerde pasa ile birlikte Dikilitaş dere vasıtasıyla kolayca işletme alanı dışına da taşınmaktadır. İşletmenin hemen güneydoğusundaki bahçe toprağında, Hasangazi yerleşim yeri ve yakınındaki Hasangazi deresi memba sedimentlerinde ise serpantin minerallerine rastlanmamıştır.

- Yağışlı dönem sonunda dere sedimentlerindeki ana oksitlerden ve bazı ağır elementlerden  $Al_2O_3$  ile  $Na_2O$  ve  $MgO$  ile  $Ni$  arasında doğru yönlü (+1.0);  $Al_2O_3$  ile  $Cr$ ,  $Na_2O$  ile  $Cr$  arasında ters yönlü tam bir ilişki (-1.0) vardır. Çok kuvvetli pozitif ilişkili element çiftleri  $Fe_2O_3$ - $Zn$ ,  $MnO$ - $Zn$ ,  $MgO$ - $Cr$  ve  $Cr$ - $Ni$  iken, negatif ilişkili element çiftleri ise  $Al_2O_3$ - $MgO$ ,  $Na_2O$ - $MgO$ ,  $MgO$ - $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ - $Ni$ ,  $Na_2O$ - $Ni$ ,  $TiO_2$ - $Ni$  dir. Kuvvetli pozitif

ilişkili element çiftleri  $\text{SiO}_2\text{-CaO}$ ,  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ni}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MnO}$ ,  $\text{CaO-TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O-TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O-Zn}$ ,  $\text{K}_2\text{O-As}$ ,  $\text{TiO}_2\text{-Zn}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Cu}$ ,  $\text{MnO-Cu}$ ,  $\text{Pb-Cu}$  iken negatif ilişkili çiftler ise  $\text{MgO-CaO}$ ,  $\text{CaO-Ni}$  ve  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-Zn}$  dir. Bu element çiftleri arasında özellikle Cr ve Ni arasındaki çok kuvvetli pozitif ilişkinin, Ni ile Mg arasındaki doğru yönlü tam ve Cr ile Mg arasındaki çok kuvvetli pozitif ilişkinin, Cr ile Fe arasında ise kuvvetli negatif bir ilişkinin varlığı Cr, Ni ve Mg'un sedimentlerde birlikte bulunduğu ve kökenlerinin aynı kaynak olduğunu göstermektedir. Krom yatağının içinde bulunduğu yan kayaç göz önüne alındığında kromun Fe'li olivin olan fayalit ile değil de Mg'lu olivin olan forsterit ile birlikteliğini ve olivinlerin serpantinleşmesi sürecinde Ni'ce zenginleştiğini (garniyerit oluşumu) göstermektedir. Cr'un Al, Fe, Ti, Mn, Zn ve Cd ile olan negatif ilişkisi, söz konusu bu elementlerle Cr'un aynı kökenden olmadığı, aksine Al, Fe, Ti, Mn, Zn'nun benzer mineral parajenezi göstermesi ve Si ile çok zayıf pozitif veya orta negatif ilişkili olması, bu elementlerin kaynağının silikat mineralleri değil, daha çok karbonat mineralleri olabileceğini düşündürmektedir.

- Kurak dönem sonunda dere sedimentlerindeki ana oksitlerden ve bazı ağır elementlerden doğru yönlü tam bir ilişki  $\text{SiO}_2$  ile Pb arasında, ters yönlü tam bir ilişki ise MgO ile  $\text{TiO}_2$  arasında gelişmiştir. Yağışlı dönemdeki  $\text{SiO}_2$  ile CaO arasındaki kuvvetli pozitif ilişki bu dönemde zayıflamış, buna karşın  $\text{SiO}_2$  ile  $\text{TiO}_2$  arasında çok kuvvetli,  $\text{P}_2\text{O}_3$  ile kuvvetli pozitif ilişki kurulmuştur. Bu ilişkinin zıttı olarak;  $\text{SiO}_2$  ile MgO arasında çok kuvvetli, Hg ve Ni arasında kuvvetli negatif ilişki gelişmiştir. Bunlara ilaveten çok kuvvetli pozitif ilişkinin görüldüğü diğer element çiftleri MgO-Ni,  $\text{TiO}_2\text{-Pb}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Cd}$  ve MnO-Cr'dir. Çok kuvvetli negatif ilişkinin görüldüğü diğer element çiftleri ise  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ni}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Cd}$ , MgO-Pb,  $\text{K}_2\text{O-TiO}_2$  ve  $\text{K}_2\text{O-Ni}$ 'dir. Buna karşın ağır metallerin kendi aralarındaki ilişkiye bakıldığında kuvvetli pozitif ilişki gösteren elementlerin Ni-Hg ve Pb-As çifti olduğu, Pb-Cd arasında ise orta dereceli pozitif ilişkinin varlığı görülmüştür. Bunun tam tersi olarak ise Cr-Cd, Hg-As ve Hg-Pb, Ni-Pb, Zn-Hg arasında kuvvetli negatif ilişkinin olduğu görülmüştür.

- Hem yağışlı hem de kurak dönemde işletme alanından geçen dere sedimentlerinde Cr ile Ni arasındaki pozitif ilişkinin var oluşu, işletme alanındaki pasalarda Ni oranının ani artışı, Ni'in kaynağının da Cr yatağı ve ilişkili yan kayacı olduğunu göstermektedir. Bunun tersine pasa topraklarındaki ortalama iz element değerleri ile sediment örneklerindeki

ortalama iz element değerleri arasında Man Whitney U testi kullanılarak yapılan değerlendirmeye göre sedimentlerdeki ortalama As, Cd, Cu, Pb ve Zn miktarları pasalardan yüksektir. Bu nedenle, söz konusu bu elementlerin kaynağı işletilen krom yatakları değil, işletme sahasının kuzeyinde yer alan ve Dikilitaş deresinin drenaj alanında bulunan diğer kayalar (volkanitlere bağlı olabilir) ile ilişkili sülfürlü mineral zenginleşmeleri olabilir. Buna karşın işletme pasalarında As'in eser miktarda oluşu, işletme sahasından geçen dere sedimentlerindeki miktarının ise Hasangazi deresi sedimentlerinden daha az olması, kaynağının Hasangazi deresinin memba kısmındaki volkanik kayalar (işletme alanı dışı) olduğuna işaret etmektedir. Yağışlı ve kurak dönemde alınan sediment rnekleri USEPA'nın belirlediği Sediment Kalite Kriterlerine göre ERL ve ERM sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, Cr ve Ni'ce kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Yağışlı dönem sonunda alınan bahçe toprağı ve pasa örneklerindeki ortalama As, Ni, Co, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Zn elementleri USEPA standartları ile kıyaslandığında, pasa ve bahçe toprağındaki Cr, Ni ve Co'nun maksimum izin verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. As, Cu, Pb ve Zn'nin pasa ve bahçe toprağında USEPA standartlarının altında llmesine karşın, pasalara göre bahçe toprağında daha yüksek konsantrasyonda olması, bahçe toprağında bol bulunan kil minerallerinin (simektit, montmorillonit) adsorban özelliği ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

- Kurak dönem sonunda sulara ölçülen parametrelerden; Cr ile Ni ve iletkenlik ile tuzluluk arasında doğru yönlü tam bir ilişki vardır. Çok kuvvetli pozitif ilişkili element çiftleri Al-Co, Al-Mn, B-Na, Cr-Pb ve Ni-Pb iken, negatif ilişkili olanlar ise Ba-ORP ve pH-ORP'dir. Kuvvetli pozitif ilişkili iftler As-Sıcaklık ve Co-Mn iken, B-P ve Zn-P negatif ilişkilidir.

- Yağışlı dönem sonunda sulara ölçülen parametrelerden; Cd-Mn, Cd-Zn, Cd-P, Mn-P ve iletkenlik-tuzluluk arasında doğru yönlü; Ba-ORP arasında ters yönlü tam bir ilişki vardır. Çok kuvvetli pozitif ilişkili element çiftleri As-Cd, Ba-Cr, Ba-pH, Cr-Ni, Cu-Na, Mn-Zn ve Zn-P iken, kuvvetli pozitif ilişkili element çiftleri ise Al-Pb, As-Fe, As-Mn, As-Zn, As-P, Co-Cr ve Co-Ni dir. Doğal olarak pH ile ORP ve ORP ile Cr arasında negatif ilişki vardır.

- Sulara llen fiziksel, inorganik-kimyasal parametrelerden pH, sıcaklık, ORP, iletkenlik, tuzluluk, Na ve P değerlerinde mevsimsel olarak çok fazla bir değişim gözlenmemiştir. Ancak işletme sahası suları ile işletme sahasından etkilenmeyen ve



etkilenen Hasangazi deresi sularında fiziksel, inorganik-kimyasal parametrelerin çoğunda kurak ve yağışlı dönem sonu değerler arasında birçok farklılıkların olduğu görülmüştür.

- Kurak ve yağışlı dönem sonu ölçülen pH ve sıcaklık ortalama değerleri, işletme sahasından drene olan Dikilitaş dere ve işletme alanı dışındaki Hasangazi deresi sularında birbirine yakın bir seyir göstermektedir. Sularda ölçülen fiziksel, inorganik-kimyasal parametrelerden kurak ve yağışlı dönem sonu ölçülen iletkenlik, tuzluluk ve Na ortalama değerleri; işletme sahasından drene olan Dikilitaş dere sularında, işletme alanı dışındaki Hasangazi deresi sularından yüksek çıkmıştır. Sularda bulunan çözünmüş mineral maddelerin ve çözünmüş tuzların etkisi ile oluşan elektriksel iletkenlik, beş farklı örnekleme noktası içinde hem yağışlı dönem hem de kurak dönem sonunda en yüksek değer iki nolu işletme pasasının bulunduğu alandaki bir nolu su örneğinde belirlenmiştir. Bunun nedeni bu noktada dere suyunun sürekli pasa ile temasta olması sonucunda pasadan gelen kirlilik yüküdür. Buna rağmen ölçülen en yüksek iletkenlik değeri (436  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) bile USEPA'nın kirlı su max sınırı olan 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha düşüktür. İletkenlik ile tuzluluk arasında istatistiksel olarak da doğru yönlü tam bir ilişki gözlenmiştir. İşletme alanındaki sular, Hasangazi deresine göre daha bazik yani daha indirgendir. İstatistiksel değerlendirme sonucunda gözlenen ORP ve pH arasındaki negatif ilişki de bunu yansıtmaktadır. Na elementinin tuzluluk ile doğrusal olarak artışı, işletme alanındaki sularda, pH'ın 8 olduğu indirgen ortamda Na'nın orta derecede hareketli olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, işletme alanındaki sular Hasangazi deresinin işletmeden etkilenmeyen suyuna göre, yaklaşık 4 (dört) kat daha fazla Na içeriğine sahiptir. Toplam fosfor ortalama değerleri, işletme sahasındaki sularda işletme alanı dışındaki Hasangazi deresi sularından düşük çıkmıştır. Hasangazi deresi suyundaki fosfor artışının köyde yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerin, sulama suları aracılığıyla Hasangazi deresine taşındığını düşündürmektedir. Belirlenen toplam fosfor değerlerine göre hem işletme alanındaki bazı sular hem de Hasangazi deresinin suyu SKKY'ne göre II. sınıf kıta içi sudur. Ancak işletme alanındaki sular min. sınırıya yakınken, Hasangazi deresinde max. sınırıya yaklaşmaktadır.

- Sularda ölçülen inorganik kirlenme parametrelerinden, yağışlı dönem sonunda Al, Ba, Cr ve Pb miktarları, kurak dönem sonunda ise Cd, Cu ve Zn miktarları yükselmektedir.

- Kurak ve yağışlı dönem sonu ölçülen As, Cd, Co, Hg ve Se ortalama değerleri eser miktarlardadır ve işletme sahasından drene olan Dikilitaş dere ile işletme alanı dışındaki

Hasangazi deresi sularında birbirine yakın bir seyir göstermektedir. Bunlardan As'in Hasangazi deresinde daha yüksek değerlerde ölçülmesi, kaynağının daha çok Hasangazi deresinin memba kısmındaki volkanik kayalar olduğuna işaret etmektedir.

- İndirgen ortamda hareketsiz davranan Al elementinin miktarı ölçüm yapılan beş istasyonda da kurak döneme nazaran yağışlı dönemde biraz yükselmektedir. Ancak pH değişmediği için Al miktarında da fazla bir değişim görülmez. Kurak döneme nazaran yağışlı dönemde artan B ve Ba konsantrasyonları işletme alanındaki suda daha fazla ölçülmüştür, ancak SKKY'ne göre eser miktardadır. Sularda sağlık açısından önemli bir parametre olan As değerlerine baktığımızda işletme sahasında As sorunu olmadığı, ancak Hasangazi deresinde yağışlı dönemde ölçülen 1.1 µg/l'nin, kurak dönemde neredeyse 3 katına yaklaştığı söylenebilir. Hasangazi deresinde ölçülen en yüksek değer bile SKKY'nin alt sınırındadır.

- İşletme içinden geçen Dikilitaş dere sularında yağışlı ve kurak dönemde ölçülen Cr değerlerinin, işletmeden etkilenmeyen Hasangazi dere sularındaki değerlere benzer seyir göstermesinin Hasangazi deresinin memba kısmında benzer krom zenginleşmelerinin var olabileceği ve/veya beslenme alanında faaliyet gösteren diğer krom işletmelerinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

- Fe ve Cu elementleri indirgen ortamda hareketsiz davrandıkları için kurak dönemde her iki elementin de konsantrasyonu artmaktadır. Hem işletme alanındaki hem de Hasangazi deresinde yapılan tüm ölçümler birlikte değerlendirildiğinde, yağışlı dönemde HS-H2 nolu istasyondaki aşırı Fe artışının (107µg/l) normal olmadığı ve ölçüm yapılan ayda yerel bir problemden kaynaklanmış olabileceği düşünüldüğü için değerlendirmede dikkate alınmamıştır.

- Bazik ortamda hareketsiz davranan, Zn'nin konsantrasyonu kurak dönemde, Pb'nin konsantrasyonu ise yağışlı dönemde artmaktadır. Bu durum Pb için daha çok akarsuyun debisiyle ilişkili olup, sadece işletme alanındaki 1 ve 2. Nolu istasyonda SKKY'ne göre I. kalite su sınırını (10 µg/l) aşmaktadır. Zn bakımından ise tüm su örnekleri kirlenmiş olup, işletme alanındaki 2 örnek, SKKY'ne göre kıta içi II. ve diğerleri III. kalite su sınıfındadır.

- İşletme alanındaki Dikilitaş dere ve işletme alanı dışındaki Hasangazi deresi suyunda arazide yerinde yapılan ölçümler ve alınan örneklerin laboratuardaki analizlerden, işletme alanından drene olan suyun Hasangazi krom işletme pasaları nedeniyle baskı altında

bulunduğu görülmüştür. Bu konuda ilgili kurumların gerekli tedbirleri alması önemlidir. Pasalar, rüzgar ve yağış etkisiyle gelecekte kirlilik tehdidi oluşturabilecektir.

- Bu çalışmada elde edilen inorganik, inorganik-kimyasal ve fiziksel parametrelere ait verilerden, toplam P, Pb ve Zn hariç, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre değerlendirildiğinde, genel olarak Dikilitaş Deresi ve Hasangazi deresinin sularının I. sınıf yani yüksek kaliteli su sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Söz konusu bu yönetmeliğe göre, I. sınıfa dahil olan sular yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için uygun olan sulardır.

## 5. ÖNERİLER

- Hasangazi krom işletmesinin yol açtığı olumsuz sonuçları gidermek, bozulan araziler ile ekolojik ve ekonomik iyileştirmeler için geri kazanma çalışmaları yapılması gerekmektedir.
- Hasangazi krom ocağının işletilmesi sonucunda ortaya çıkan atıkların depolandığı alanlarda; doğal ya da gerekli tıraşlama veya dolgu ile şekillendirilmiş ortam ve malzeme üzerinde duraylılığın sağlanarak gerekli doğaya yeniden kazandırma çalışmaları yapılmalıdır.
- Topoğrafik şartlar ve yamacın kendini tutabilme özelliği ve işletme tekniği dikkate alınarak, şev açıları, kademe/basamak boyutları uzun süreli duraylılık hesaplanmalı, bütün şev yüzeyleri, dayanma duvarı ile tutulmaksızın doğal hâli ile duraylı olacak şekilde düzenlenmelidir.
  - İnsan ve yaban hayatına zarar gelebilecek alanlar mevcut olduğundan sahanın tel örgü, duvar gibi uygun bir malzeme ile çevrilmesi ve ikaz levhalarının asılması gerekmektedir.
  - Faaliyet alanı çevresi yüzeyden akan veya yağışlar sonrasında akması olası su akışı açısından güvenli hâle getirilmelidir. Yörenin en yoğun yağış koşullarında su yolları, çevre doğal drenaj sistemi yeterli olacak şekilde planlanmalı ve alan çevresindeki su toplama ve akma kanalları, özellikle insanların sürekli bulunacağı ortamın, doğal yüzeyin alt kotlarında kalacak şekilde projelendirilmeli ve çukur alanın su baskınına uğraması olasılığına karşı yeterli önlemler alınmalıdır.
  - Gerekli araştırmalar yapıldıktan sonra “Hiperakümülatör Bitkiler” diye tanımlanan ve toprak üstü bünyesinde kuru ağırlık olarak % 0,1 oranından daha fazla miktarda Ni, Co, Cu, Cr veya Pb ve yahut ta yapraklarında % 1 Zn biriktirebilen bitkilerin saha ve civarına ekilmelidir.
  - İyi bir su kalitesine sahip olan ve henüz önemli bir kirlilik problemi bulunmayan Dikilitaş Deresi ve Hasangazi deresinde, ekosistemin korunması, akılcı kullanılması ve sürdürülebilir gelişmenin sağlanabilmesi için çevresel etkilerin daha detaylı olarak izleme çalışmaları devam ettirilmelidir.

- Gereklî araştırmalar yapıldıktan sonra serpantin bazlı kromit atığının duvar karosu sırlarında renklendirici olarak kullanılan pigment yapımında ve yer karosu / porselen karo bünye reçetelerinde modifiye edici olarak değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

**Afshar, F. A.**, 1965. Tunceli - Bingöl Bölgesi Jeolojisi, O. D. T. Ü. Maden Fakültesi, Ankara.

**Aksakal, Ö., Şaşmaz, A. ve Akgül, B.**, 2003. Kolonkaya (Pertek-Tunceli) yöresi bakırlı damarların mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15(2)**, 63-76.

**Alloway B.J.**, 1995. Heavy Metals in Soils, 2nd edn., Blackie, London, 1995.

**Altınlı, E.**, 1961. *Türkiye Jeoloji Haritası. Ölçek 1:500,000*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

**Armaç, S.**, 2006. Tunceli ve yakın çevresinin: jeolojik ve jeoteknik değerlendirmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Y. Y. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

**Atabey, E.**, 2005. Tıbbi Jeoloji, 61-83, Ankara.

**ATSDR.**, Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA) 2003 Priority List of Hazardous Substances That Will Be the Subject of Toxicological Profiles and Support Document, Division of Toxicology, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA, 2003.

**Barış, Y.İ., Simonato, L., Artvinli, M., Pooley, F., Saracci, R., Skidmore, J. and Fischbein, A.**, 1987. Epidemiological and environmental evidence of health effects of exposure to erionite fibers: a four-year study in the Cappadocian Region of Turkey, *Int. J. Cancer*, 10-17.

**Barış, Y.İ.**, 1987. Asbestos and erionite related chest diseases, Semih Ofset Matbaası, Ankara.

**Barış, Y.İ., Akay, H. ve Emri, S.**, 2007. Türkiye’de Asbest ve Erionite ile ilgili hastalıklar. *Toraks Dergisi*, **8**, Ek 1-114.

**Bennett T.A.**, 1997, An in situ reactive barrier for the treatment of hexavalent chromium and trichloroethylene in groundwater, *Yüksek Lisans Tezi*, University of Waterloo, Ontario, Canada.

**Borand, M.N.**, 2012. Açık ve kapalı maden işletmeciliğinde çevresel etki, *Madencilikte Özel Konular II Ders Projesi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Can, E.**, 2008. Aladağ (Adana-Kayseri arası) krom yataklarının yıllara göre üretim envanterinin çıkarılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tunceli İli Çevre Durum Raporu, Tunceli, 2011.

**Çınarlıdere, G.**, 2012. Kromit minerali zenginleştirilmesi, *MAD 321 Ders Raporu*, Z.K.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

**Çimen, O., Toksoy Köksal, F., Örgün, Y. ve Öztüfekçi Önal, A.**, 2012. Uzunçayır barajını (Tunceli) besleyen munzur ve pülümür çayları sedimanlarının jeokimyasal özellikleri ve su kimyasındaki olası etkileri, *65.Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, Nisan 2-6.

**Dağlı, Z.**, 2004. Aladağ Gerdibi Köyü mikro maden a.ş. krom konsantre tesisinin atık problemleri ve çözümleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

**Daş, B., Arık, F., Öztürk, A. ve Altay, O.**, 2012. Krom madenciliği ve geçmişten günümüze insanlık tarihi üzerindeki etkileri, *Batman University International participated Science and Culture Symposium*, Batman, Türkiye, Nisan 18-20.

**Dökmeçi, H.**, 2004. <http://193.255.140.18/Tez/040717/METIN.pdf>, 21 Mart 2012.

D.P.T., Madencilik Özel İhtisas Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri (Asbest-Grafit-Kalsit-Fluorit-Titanyum) Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2618-ÖİK: 629, Ankara, 2001.

D.P.T., Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), DPT: 2626 - ÖİK: 637, Ankara, 2001.

**D.P.T.**, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Metal Madenler Alt Komisyonu Krom Çalışma Grubu.Raporu Ankara DPT:2626- ÖİK:637.

**Ertuğrul, G.**, 2010. Madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerinin ve doğa onarım çalışmalarının coğrafi bilgi sistemi (cbs) ile belirlenmesi ve modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, D. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

**Gadd G.M., White C.**, 1993. Microbial treatment of metal pollution - A working biotechnology, *Trends Biotechnol.* 11, 353-359.

**Girgin, İ.**, 2012. Krom konsantre tesisi atıklarını değerlendirme raporu, Ankara, Türkiye.

**Hacıoğlu, S.**, 2010. Kayseri Pınarbaşı kromitlerinin kuru zenginleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Kabata Pendias, A., and Mukherjee, A.**, 2007. Trace Elements from Soil to Human, Springer Berlin Heidelberg. New York.

**Kaya, F.**, 2009. Krom-toksik etkileri-kromdan kaynaklanan çevre kirliliği-arıtım yöntemleri, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü. Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Elazığ.

**Kaupenjohann M., Wilcke W.**, 1995. Heavy Metal Release from a Serpentine Soil Using a pH-Stat Technique, *Soil Sci. Soc. Am.J.*, **59**, 1027-1031.

**Kfayatullah, Q., Shah, M.T. and Arfan, M.**, 2001. Biogeochemical and environmental study of the chromite-rich ultramafic terrain of Malakand area, Pakistan, *Environmental Geology*, **40**,1482-1486.

**Kıdman, F.B.**, 2009. Düşük tenörlü krom cevherlerinin zenginleştirilmesinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

**Kruckeberg A.R., Adıgüzel N., Reeves R.D.**, 1999. Gumpses of the Flora and Ecology of Turkish (Anatolian) Serpentes, *The Karaca Arboretum Magazine*, **5**, 67-86.

M.T.A., Türkiye Asbest Envanteri., Yayın No: 157, Ankara, 1975.

**Öner, İ.**, 2007. Tunceli ilinin afet tehlike ve riskleri, *TMMOB Afet Sempozyumu*, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara, 5-7 Aralık, s. 213-230.

**Özbek, Z.**, 2010. Topraktaki ağır metaller için sınır değerlerin uygulanabilirliğinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**Öztüfekçi Önal, A.**, 2010. Madencilik faaliyetlerinin çevresel etkileri, *Yüksek Lisans Ders Notu* (yayımlanmamış), T.Ü. Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli.

**Pratt P.F.**, 1966. Chromium, In: Diagnostic Criteria for Plants and Soils, ed: Chapman, H. D., University of California, Riverside, 1966.

**Saleem, M., Chakrabarti, M. H., Irfan, M. F., Hajimolana S. A., Hussain, M. A., Diya'uddeen, B. H. and Daud, W. M. A. W.**, 2011. Electrokinetic remediation of nickel from low permeability soil, *International Journal Of Electrochemical Science*,**6**, 4264-4275.

**Tarhan, N., Yusufoglu, H., Bağırsakçı, S., Papak, İ., Karabalık, N.**, 1991. Bingöl-Karlıova-Yedisu dolayının jeolojisi ve petrolojisi: MTA Rapor No: 9448 (yayımlanmamış), Ankara.

**Tarhan, N.**, 2008. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:89, Erzincan J43 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

T.C. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687, 31.12.2004, Ekler, Tablo 1 (Değişik tablo 1:RG-13.2.2008-26786).

Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Arşivleri, Tunceli.



**Tümer, S.**, 2012. Asbest. <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdogeo/article/viewFile/3281/2820>, 02.04.2013.

**Tümüklü, A.**, 2005. Mazmıllı (Pozantı-Karsantı Ofiyoliti Masifi) yöresideki kromit cevherleşmelerinin jeolojik-metalojenik ve jeokiyasal icelenmesi, *Doktora Tezi*, Ç.Ü. Fen Bilimlerleri Enstitüsü, Adana.

URL-1, <http://www.materyaller.com/ASBEST-NEDIR-hakkinda-bilgi-2252.html>, 02.04.2013.

URL-2, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lizardit.jpg>, 02.04.2013.

URL-3, <http://camasterminer.tripod.com/id17.html>, 02.04.2013.

URL-4, <http://pl.wikipedia.org/wiki/Krokidolit>, 02.04.2013.

URL-5, <http://www.galleries.com/Tremolite>, 02.04.2013.

URL-6, <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~hjemre08/ders%20notlar%FD/ders%20notlar%FD/Jeo/mineraller/2006-jeo265-02/Silikatlar/inosilikatlar/Amfiboller/Aktinolit1.jpg>, 02.04.2013.

URL-7, <http://omnipure.cz/azbest/>, 02.04.2013.

URL-8, <http://www.asbestosauthority.com/asbestosis/asbestosis-overview/>, 02.04.2013.

USEPA, United States Environmental Protection Agency, Determination of Background Concentrations of Inorganics In Soils And Sediments At Hazardous Waste Sites, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, DC, 1995.

USEPA ., United States Environmental Protection Agency, Recent Developments for In Situ Treatment of Metals Contaminated Soils, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, DC, 1997.

USEPA, United States Environmental Protection Agency, A Guidance Manuel to Support the Assessment of Contaminated Sediments in the Freshwater Ecosystem, Great Lakes National Program Office, 2002.

**Yılmaz, İ.**, 2003. Deprem Sorununda Kalıcı Çözüm, Kaynak Yayınları, Ankara.

**Zayed A.M., Terry N.**, 2003. Chromium in the environment: factors affecting biological remediation, *Plant and Soil*, **249**, 139-156.

## ÖZGEÇMİŞ

18.11.1978 Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adana'da tamamladı. Lisans eğitimine 1998 yılında Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde başlayıp 2003 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Tunceli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı Tunceli İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'ne Çevre Mühendisi olarak atandı. Şu anda Tunceli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde ÇED ve Çevre Hizmetleri Şube Müdürlüğü görevini yürütmektedir.