



**MADEN SAHALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ;  
GD ELAZIĞ ÖRNEĞİ**

**Nida KÖKTAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**



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

**MADEN SAHALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ;**  
**GD ELAZIĞ ÖRNEĞİ**

**Nida KÖKTAN**

**YÜKSEK LİSANS**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz-2018**  
**BATMAN**  
**Her Hakkı Saklıdır**

### TEZ KABUL VE ONAYI

Nida KÖKTAN tarafından hazırlanan "MADEN SAHALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ; GD ELAZIĞ ÖRNEĞİ" adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

#### Jüri Üyeleri

**Başkan**  
Dr. Öğretim Üyesi Sinan ALTUNCU

**Danışman**  
Dr. Öğretim Üyesi H. Alim BARAN

**Üye**  
Dr. Öğretim Üyesi Nuray ALPASLAN

#### İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

  
Doç. Dr. Bahattin İŞCAN  
FBE Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

Nida KÖKTAN

Tarih:

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ****MADEN SAHALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ;  
GD ELAZIĞ ÖRNEĞİ****Nida KÖKTAN****Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü****Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN****2018, 50 Sayfa****Jüri****Danışman: Dr. Öğretim Üyesi H. Alim BARAN****Dr. Öğretim Üyesi Sinan ALTUNCU****Dr. Öğretim Üyesi Nuray ALPASLAN**

Madencilik faaliyetlerinde, ortaya çıkan atıklar hava, su ve toprak kalitesinin bozulması gibi çevresel etkilere neden olmaktadır. Açık işletmeciliğin yapıldığı inceleme alanındaki madencilik faaliyetlerinden ortaya çıkan atıklar yağış ve rüzgâr gibi doğal etmenlerle kolaylıkla farklı alanlara taşınabilmekte olup, su ve çevreye zararlı hale dönüşebilir etkilere neden olmaktadır.

İnceleme alanı, Elazığ ilinin yaklaşık 30 km güneydoğusundaki Maden ilçesi ve 50 km doğusunda Alacakaya ilçesi sınırlarında 1/100.000 ölçekli topoğrafya haritalarında K43-L43 paftaları içinde yer almaktadır. Bu alanda Jura'dan Orta Eosen'e kadar farklı yaşlarda magmatik, sedimanter ve volkanosedimanter birimler yüzeylemekte olup, inceleme alanının genelinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman ofiyolitine ait kayalar gözlenmektedir. Alınan örneklerin ana anyon ve katyon analizleri ile iz element analizleri yapılmıştır. 2016 (kurak dönem) analiz sonuçlarına göre As, Ag, Cd, Pb, Sb ve Zn sırasıyla (0-0,034), (0-0), (0-0,0031), (0-0,653), (0-0,0014) ve (0-0,011) ppm değerleri arasındadır. 2017 (yağışlı dönem) analiz sonuçlarına göre As, Ag, Cd, Pb, Sb ve Zn sırasıyla (0-0,0009), (0-0), (0-0,00022), (0-0,336), (0-0,0035) ve (0-0,1249) ppm değerleri arasındadır. Bu metal ve metalloid elementler TSE, EPA standartları ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Maden Yatağı, Su, Çevre, Kirlilik, Elazığ

**ABSTRACT****MS THESIS****ENVIRONMENTAL EFFECTS OF MINEFIELDS, SE ELAZIĞ  
EXAMPLE****Nida KÖKTAN****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN GEOLOGICAL ENGINEERING****Advisor: Asst. Prof. Dr. H. Alim BARAN****2018, 50 Pages****Jury****Advisor Asst. Prof. Dr. H. Alim BARAN****Asst. Prof. Dr. Sinan ALTUNCU****Asst. Prof. Dr. Nuray ALPASLAN**

Wastes from mining activities cause environmental impacts such as deterioration of air, water and soil quality. Waste generated from mining activities in the open area where the open operation is conducted can easily be transported to different areas by natural factors such as precipitation and wind, causing effects that can be harmful to water and environment.

The survey area is located at the Maden district of about 30 km South of Elazığ and 50 km east of the Alacakaya district. 1:50,000 scale topography maps in the K43 L43. Magmatic, sedimentary and volcano-sedimentary units which are aged from Jurassic to Middle Eocene outcrops in that area. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous aged Guleman ophiolite forms the basement rocks. According to the analysis results of 2016 (arid period) As, Ag, Cd, Pb, Sb and Zn elements are respectively among the values of ppm (0-0,034), (0-0), (0-0,0031), (0-0,653), (0-0,0014) ve (0-0,011) ppm and (0-0,3). According to the analysis results of 2017 (rainy period) As, Ag, Cd, Pb, Sb and Zn elements are respectively among the ppm values of ppm (0-0,0009), (0-0), (0-0,00022), (0-0,336), (0-0,0035) ve (0-0,1249) ppm. These metal and metalloid elements were compared with standards of TSE EPA.

**Key words:** Mineral deposits, Water, Environmental, Pollution, Elazığ

## ÖNSÖZ

Maden Sahalarının Çevresel Etkileri, GD Elazığ Örneği konulu bu çalışma Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü'sünde, 2014-2018 yılları arasında yürütülen Yüksek Lisans öğrenimi kapsamında hazırlanmıştır.

Bu araştırmanın yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne şükranlarımı sunarım.

Araştırmanın arazi seçiminde, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları sırasında yönlendirici öneri ve katkılarından dolayı danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi H. Alim BARAN'a teşekkür ederim. Tez yazımı aşamasında bilgilerinden yararlandığım sayın Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nida KÖKTAN

Batman-2018

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ.....</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Amaç .....	3
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması.....	3
1.2.1. İklim.....	4
1.2.2. Yağış .....	5
1.3. Önceki Çalışmalar.....	6
1.4. Materyal ve Yöntem .....	9
1.4.1. Hazırlık çalışmaları.....	9
1.4.2. Arazi çalışmaları .....	9
1.4.3. Laboratuvar çalışmaları .....	10
1.4.4. Örnekleme, ölçüm ve analiz yöntemleri .....	10
1.4.5. Büro çalışmaları .....	12
<b>2. GENEL JEOLojİ.....</b>	<b>13</b>
2.1. Stratigrafi .....	13
2.1.1. Guleman Ofiyoliti .....	13
2.1.2. Hazar Grubu.....	14
2.1.2.1. Ceffan Formasyonu .....	15
2.1.2.2. Simaki Formasyonu.....	15
2.1.2.3. Gehroz Formasyonu .....	15
2.1.3. Maden Karmaşığı.....	15
2.2. Yapısal Jeoloji.....	16
2.2.1. Kırıklı Yapılar.....	16
2.2.2. Naplı Yapılar.....	17
<b>3. SULARIN HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>20</b>
3.1. Yeraltısularının Genel Kimyasal Özellikleri .....	23
3.1.1. Sertlik:.....	23



3.1.2.	Hidrojen iyonu aktivitesi (pH):.....	24
3.1.3.	Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR):.....	24
3.1.4.	Sodyum İyon Yüzdesi (% Na):.....	25
3.2.	Suların Anyon-Katyon Özellikleri.....	25
3.3.	Suların Hidrokimyasal Bileşimleri ve Alansal Dağılımları.....	27
3.4.	Su Kalitesi Sınıflandırılması.....	30
3.4.1.	Piper diyagramı.....	31
3.4.2.	Schoeller diyagramı.....	33
3.4.3.	Wilcox diyagramı.....	34
3.4.4.	ABD tuzluluk diyagramı.....	37
3.4.5.	Durov diyagramı.....	38
3.5.	Sulardaki İz Elementler ve Alansal Dağılımları.....	39
<b>4.</b>	<b>SULARIN HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>42</b>
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>46</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>50</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Ölçeksiz) .....	2
Şekil 1.2. Elazığ'ın uzun yıllara (1926-2016) ait aylık ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklık grafiği. ....	5
Şekil 1.3. İnceleme alanlarının 2009-2016 yıllarına ait düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon-yağış grafiği. ....	6
Şekil 1.4 İnceleme alanlarında yapılan yerinde ölçümlerin kayıt altına alınması. ....	11
Şekil 1.5. Numune alma noktaları .....	11
Şekil 2.1. İnceleme alanı ve çevresi bölgesel jeoloji haritası [1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası (MTA,2017). ....	14
Şekil 3.1. A. Kurak döneme ait Ni konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Ni konsantrasyonlarının dağılımı.....	28
Şekil 3.2. A. Kurak döneme ait As konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait As konsantrasyonlarının dağılımı .....	28
Şekil 3.3. A. Kurak döneme ait Cu konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Cu konsantrasyonlarının dağılımı. ....	29
Şekil 3.4. A. Kurak döneme ait Sb konsantrasyonlarının dağılımı. B. Yağışlı döneme ait Sb konsantrasyonlarının dağılımı .....	29
Şekil 3.5. A. Kurak döneme ait Pb konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Pb konsantrasyonlarının dağılımı. ....	30
Şekil 3.6. A. Kurak döneme ait Zn konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Zn konsantrasyonlarının dağılımı .....	30
Şekil 3.7. A. Kurak döneme ait Piper diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Piper diyagramı. ....	32
Şekil 3.8. A. Kurak döneme ait Piper diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Piper diyagramı. ....	32
Şekil 3.9. A. Kurak döneme ait Schoeller diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Schoeller diyagramı. ....	33
Şekil 3.10. A. Kurak döneme ait Schoeller diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Schoeller diyagramı. ....	34
Şekil 3.11. A. Kurak döneme ait Wilcox diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Wilcox diyagramı .....	36
Şekil 3.12. A. Kurak döneme ait Wilcox diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Wilcox diyagramı. ....	36
Şekil 3.13. A. Kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. B. Yağışlı döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. ....	37
Şekil 3.14. A. Kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. B. Yağışlı döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. ....	38
Şekil 3.15. A. Kurak döneme ait Durov diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Durov diyagramı. ....	39
Şekil 3.16. Kurak döneme ait Durov diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Durov diyagramı. ....	39

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.1.</b> Elazığ'ın uzun yıllara (1926-2016) ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2016).....	4
<b>Tablo 1.2.</b> Thornthwaite (1948) metoduna göre 2009-2016 yıllarına ait inceleme alanlarının su bilançosu. ....	5
<b>Tablo 3.1.</b> 2016 yılı kurak döneme ait fiziksel özellikler ile ana anyon katyon değerleri(mg/l). ....	21
<b>Tablo 3.2.</b> 2017 yılı yağışlı döneme ait fiziksel özellikler ile ana anyon katyon değerleri(mg/l). ....	22
<b>Tablo 3.3.</b> Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflanması (Şahinci, 1991).....	23
<b>Tablo 3.4.</b> Suların Ph Derecesine Göre Sınıflanması (Erdoğan, 2013) .....	24
<b>Tablo 3.5.</b> SAR oranına göre sulama suları sınıflanması (Erdoğan, 2013).....	25
<b>Tablo 3.6.</b> Örneklerin dönemlere göre su tipleri .....	35
<b>Tablo 3.7.</b> Kurak döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/l).....	40
<b>Tablo 3.8.</b> Yağışlı döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/l). ....	41
<b>Tablo 4.1.</b> Kurak döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi..	42
<b>Tablo 4.2.</b> Yağışlı döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.	43

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

ICP-MS: Inductively Coupled Plasma Spectrometer

m: Metre

Km: Kilometre

MTA: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MCL: Maksimum Kirlilik Değeri

ppm: (Parts per million): Milyonda bir

$\mu$ S/cm: Mikrosiemens / santimetre

$\mu$ m: Mikrometre

SKKY: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

WHO: Dünya Sağlık örgütü

EPA: Çevre koruma ajansı

%Na: Sodyum Yüzdesi

SAR: Sodyum Absorpsiyon Oranı

T: Sıcaklık

pH: Asitlik değeri

EC: Elektriksel kondivite

CaSO<sub>4</sub>: Kalsiyum sülfat

CaCO<sub>3</sub>: Kalsiyum karbonat

MgCO<sub>3</sub>: Magnezyum karbonat

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

Na: Sodyum

Cl: Klor

K: Potasyum

Cr: Krom

Cu: Bakır

As: Arsenik

Co: Kobalt

Ni: Nikel

Sb: Antimon

Pb: Kurşun

Zn: Çinko

SO<sub>4</sub>: Sülfat

CO<sub>3</sub>: Karbonat

CO<sub>2</sub>: Karbondioksit

HCO<sub>3</sub>: Bikarbonat

NO<sub>3</sub>: Nitrat

Fr°: Fransız sertliği

HCl: Hidroklorik Asit

## 1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, vb. su kaynakları küresel bazda mühim problemlerle karşı karşıya kalmaktadır. Su kalitesi çoğu ülkede hızla bozulmakta ve beraberinde oluşan zincirleme problemler sosyal ve ekonomik sonuçlar doğurmaktadır. Bu problemlerin en önemlisi insan ve canlı yaşamın sürdürülebilirliğinin tehdit altında olmasıdır. Problemler doğrultusunda su kaynaklarındaki kaliteyi artırmak amacıyla yeni yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır. Ülkemizde artan nüfus, beraberinde getirdiği endüstrileşme hareketi sonucu büyüyen tarım sektörü gibi etmenler su kalitesindeki kötüleşmeleri artırmaktadır. Ülkemizin başlıca kullanılabilir su kaynakları ile ilgili ekonomik sürdürülebilirliğinin kalkınma prensipleri doğrultusunda çevresel etkiler dikkate alınarak geliştirilebilmesi, sosyal ve ekonomik gelişmede de devamlılığın sağlanması açısından önem arz etmektedir. Yeraltı suları da, içme, kullanma ve sulama bakımından önemli bir su kaynağı olduğundan, hidrojeoloji ve su kalite parametreleri değerlendirilmelidir.

Türkiye’de artan popülasyonla birlikte kişi başına düşen su miktarında eksilme gözlenmektedir. Su kaynaklarındaki kirliliğin başlıca sebepleri arasında, hem evsel hem de endüstriyel atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi, yerüstü ve yeraltı sularımızı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kirleticilerden özellikle ağır metaller besin zincirinde birikerek insan sağlığını da tehdit etmelerinden dolayı büyük önem taşımaktadırlar. Bu nedenle atık suların alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce arıtılmaları gerekmektedir. Madenlerin işletiminde ve metallerin üretilmesi sırasında fiziksel metodlar veya metalurjik işlemlerinde kullanılan kimyasal reaksiyon sonucunda etrafındaki kayaç, su, toprak ve bitkilerde ağır metal düzeylerini saptamışlardır. Ağır metaller, yağmur sularıyla yıkanarak yerüstü ve yeraltı sularına kadar erişmekte ve yüzeysel suların ağır metal düzeylerini önemli ölçüde yükselmektedir. Tehlikeli ağır metaller civa, kurşun, kadmiyum, krom, bakır, arsenik, nikel, ve çinko olarak tanımlanmaktadır (Amarasinghe ve Williams 2007). Ağır metallerin yüzeysel sulardaki varlığı, buldukları bölgede çevre ve canlı sağlığını olumsuz yönde etkilemekle beraber, çeşitli dokularda ve canlıların bünyesinde birikerek atılmadıkları gözlenir.

İnceleme alanı, Elazığ iline bağlı Maden ve Alacakaya sınırları içinde yaklaşık 30 km güneydoğusunda bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Maden bölgesinde bakır Guleman’da krom başta olmak üzere bölgede yaygın metalik madencilğe yönelik

faaliyetler yapılmaktadır. Çalışma alanındaki ağır metal içeriklerinin ve dağılımının belirlenmesi amacıyla maden sahalarından kaynaklanan çevresel etkileri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen su kalitesini tanımlayan parametreler kullanılmaya çalışılmış ve uluslararası içme suyu standartlarına göre halk sağlığı açısından risk durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır (Anonim 2011).



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Ölçeksiz)

## 1.1. Amaç

Çalışma alanı Yukarı Fırat Havzasında yer almakta olup Elazığ ili, Maden ilçesi Hazar Gölü'nün doğu kesimlerinde yaklaşık 30 km güneydoğusunda yer almaktadır. İlçe merkezi rakımı 1054 m olup yüzölçümü 939 km<sup>2</sup>'dir. İnceleme alanında yaşları Jura'dan Orta Eosen'e kadar değişen sedimanter, volkanosedimanter ve magmatik birimler yüzeylerler. İnceleme alanının temelini Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyoliti oluşturur.

Yaklaşık 50 km Elazığ ilinin doğusunda, Alacakaya ilçesinde, tektonik dilimlenmeyle parçalanmış eksik dizi bir ofiyolit topluluğu ve yüzeyleyen ultramafik-mafik kayalar olarak tanımlanmış ve Guleman ofiyoliti diye adlanmıştır (Özkan, 1982). Guleman ofiyoliti Güneydoğu Anadolu Tersiyer sürüklenim kuşağı (Perinçek, 1979; Sungurlu, 1979) içinde yer alan ofiyolitik kütlelerden biridir.

İnceleme alanlarındaki ağır metal içeriklerinin ve dağılımının incelenmesi amacıyla maden yatakları ve çevresinden başlanarak farklı nitelikteki alınan su örneklerin analizleri yapılarak çıkacak sonuçlardan gelecekteki kirliliğin azaltılması amaçlanmıştır.

## 1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

Doğu Anadolu Bölgesinin güneybatısında Elazığ ili, Yukarı Fırat Havzasında yer almakta olup alanı dağlık alanlar, platolar ve ovalar oluşturmaktadır. Maden ilçesi ise, Doğu Anadolu Bölgesinde, Güneydoğu Toroslarının, Yukarı Fırat Bölümünde Dicle Nehri kenarına kurulmuştur. Çalışma alanının büyük bir kısmı dağlık ve engebeli bir topografyaya sahiptir. İlçe merkezi rakımı 1054 m olup yüzölçümü 939 km<sup>2</sup>'dir.

Doğu Anadolu Bölgesinde Alacakaya, Doğu Torosların batı kesiminde Elazığ ili hudutları içindedir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1150 m olup, yüzölçümü 318 km<sup>2</sup> dir. İlçe merkezi bir tepe üzerine kurulmuştur. Alacakaya genel olarak, engebeli ve dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Bölgede çok sayıda sulu ve susuz dereler bulunmaktadır. Bunlar, hendek dere, semer dere, geban dere, hoşkiri çayı, bağlar dere'dir. Yerleşim yeri hariç bitki örtüsü bakımında fakirdir. Tarım arazisi bakımından inceleme alanı zengin olup, hayvancılık sarp arazilerde yapılmaktadır. Bölge insanları için geçim kaynağı hayvancılık ve tarımdır.

### 1.2.1. İklim

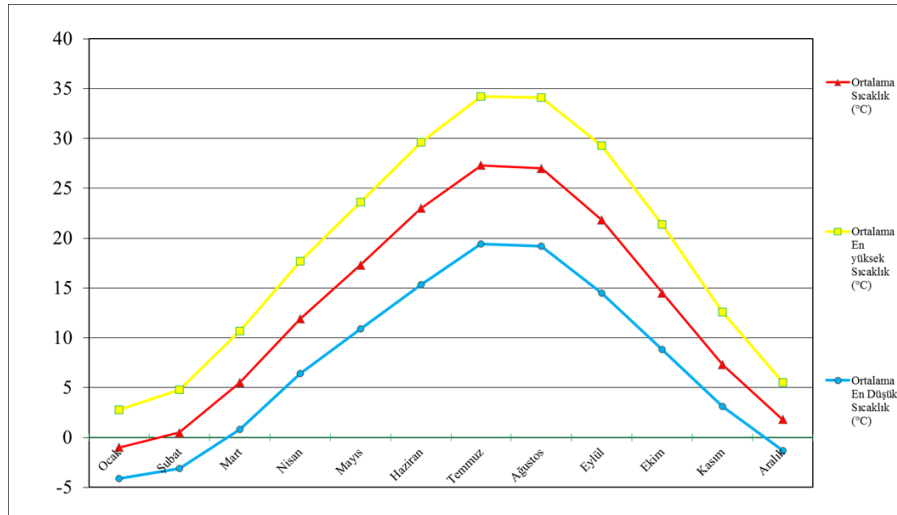
İnceleme alanı Doğu Anadolu karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgedir. Kış aylarında karlı ve soğuk, yaz aylarında ise kurak ve sıcak geçer. Sıcaklık ortalaması aylara göre en düşük Ocak ayı itibariyle 0 – 2 derece, Temmuz ayı itibariyle de 30 – 35 derece olarak belirlenmiştir. İnceleme alanı genellikle kuzey batı rüzgarlarının etkisi altındadır.

**Tablo 1.1.** Elazığ'ın uzun yıllara (1926-2016) ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2016)

ELAZIĞ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1926-2016)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.0	0.5	5.5	11.9	17.3	23.0	27.3	27.0	21.8	14.5	7.3	1.8	13.1
Ortalama En yüksek Sıcaklık (°C)	2.8	4.8	10.7	17.7	23.6	29.6	34.2	34.1	29.3	21.4	12.6	5.5	18.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.1	-3.1	0.8	6.4	10.9	15.3	19.4	19.2	14.5	8.8	3.1	-1.3	7.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.4	5.0	6.3	8.4	11.6	11.4	11.6	9.1	6.4	4.3	2.2	82.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.1	11.6	12.4	12.3	10.8	4.1	1.2	0.7	2.2	7.2	9.1	11.6	95.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	41.0	43.4	53.8	63.7	51.0	11.7	2.3	0.7	8.0	41.0	49.0	43.9	409.5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1926-2016)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.4	18.6	26.4	32.2	34.4	38.6	42.2	41.4	37.8	32.1	24.3	24.6	42.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-22.6	-21.4	-17.0	-7.0	0.0	4.0	6.7	10.2	1.0	-2.2	-15.2	-22.6	-22.6

Elazığ'da uzun yıllara (1926-2016) ait ortalama aylık, en düşük ve en yüksek sıcaklıkların değişimi arasında bir paralellik vardır (Şekil 1.2). Bu ortalama sıcaklık değerlerine göre en yüksek değerler Temmuz-Ağustos arasında, en düşük değerler ise Aralık-Ocak ayları arasında görülmektedir.





Şekil 1.2. Elazığ'ın uzun yıllara (1926-2016) ait aylık ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklık grafiği.

## 1.2.2. Yağış

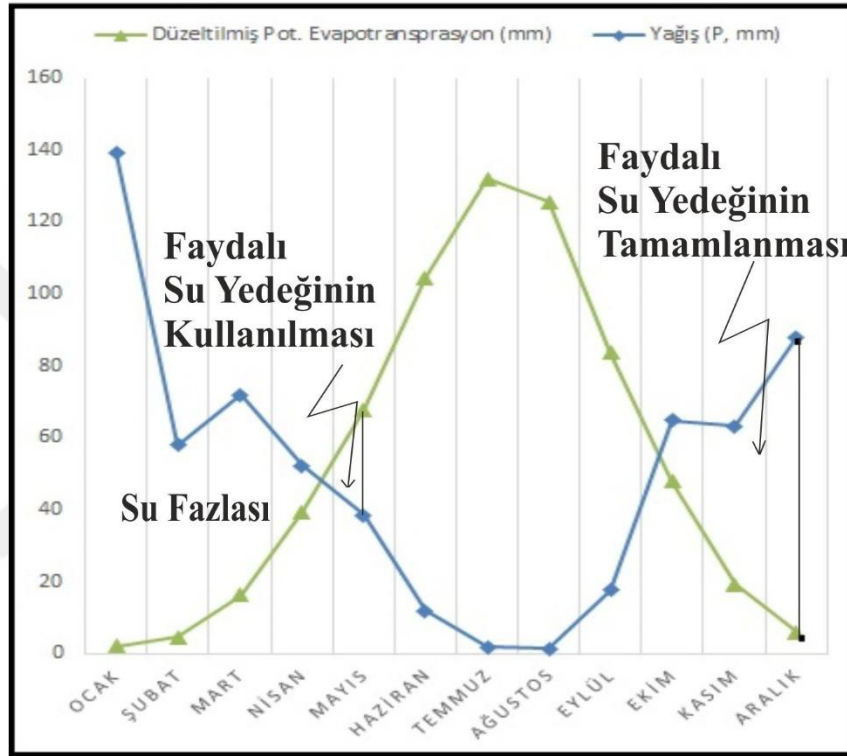
Çalışma sahası ve yakın çevresinde Akdeniz yağış rejiminin gecikmiş veya değişmiş bir benzeri görülmektedir. Bu durum coğrafi ve planeter faktörlere bağlıdır (Tonbul, 1985). Bu alanda planeter faktörlerin belirlediği makroklima içerisinde coğrafi faktörlerin etkisiyle de daha da belirginleşen yöresel klima şartları kendini hissettirmekte olup bölgesel çaptaki yağış şartlarından farklı karaktere sahip yağış şartları etkili olmaktadır.

Tablo 1.2. Thornthwaite (1948) metoduna göre 2009-2016 yıllarına ait inceleme alanlarının su bilançosu.

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top.
Aylık Sıcaklık (T°C)	1,85	3,40	7,23	13,05	17,86	24,28	28,60	28,92	23,47	16,61	9,48	4,12	14,90
Aylık Isı İndisi (i)	0,22	0,56	1,75	4,30	6,90	10,94	14,01	14,25	10,40	6,15	2,63	0,74	72,85
Potansiyel Evapotransprasyon (mm)	2,41	5,58	15,83	35,76	55,15	84,25	105,62	107,25	80,40	49,89	23,01	7,28	572,43
Enlem Düzelt. Katsayısı (38, enlem için)	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Potansiyel Evapotransprasyon (mm)	2,04	4,70	16,30	39,33	67,83	104,47	132,02	125,48	83,61	47,89	19,32	6,04	649,03
Yağış (mm)	139,22	57,90	71,90	52,22	38,57	11,92	1,77	1,42	17,65	64,95	63,22	87,92	72,85
Faydalı Su Yedeği (mm)	100	100	100	100	29,26	0,00	0,00	0,00	0,00	17,06	43,9	125,78	
Gerçek Evapotransprasyon (mm)	2,04	4,70	16,30	39,33	67,83	41,18	1,77	1,42	17,65	47,89	19,32	6,04	265,47
Su Fazlası (mm)	115,48	53,2	55,6	12,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Su Noksanı	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,29	130,25	124,06	65,96	0,00	0,00	0,00	
a	1,38												
I	72,05												

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış 2009-2016 yıllarına ait sıcaklık,

yağış ve buharlaşma değerlerinden yararlanılarak Thornthwaite (1948 yöntemine göre hazırlanmış olan su bilançosu yukarıda verilmiştir (Tablo 1.2). Buna göre Ocak ayından Nisan ayı ortalarına kadar bölgede su fazlasının olduğu, Haziran ayının ortalarından itibaren Eylül ayı sonuna kadar ise su noksanlığının yaşandığı ayrıca Nisan ortalarından Mayıs ortasına kadarki sürede faydalı su yedeğinin kullanıldığı, Ekim- Aralık aylarında da faydalı su yedeğinin tamamlandığı görülmektedir.



**Şekil 1.3.** İnceleme alanlarının 2009-2016 yıllarına ait düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon-yağış grafiği.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve çevresinde değişik amaçlı birçok çalışma yapılmıştır. İnceleme konusu olan Gulemen Ofiyolliti ve Maden Karmaşığı jeolojik, hidrojeoloji ve su kimyası açısından günümüzde olduğu kadar geçmişte de birçok çalışmacı tarafından incelenmiştir.

**Yazgan, 1984; Asutay, 1987,** Araştırmacılar yaptığı çalışmalarda Elazığ Magmatitlerini paleontolojik ve radyometrik verilerle Üst Kretase (Senoniyen) yaşlı olduğunu ve Üst Triyas'tan itibaren açılmaya başlayan Neotetis'in güney kolunun Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru yitimiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmacılar bu birimlerin toleyitlerden oluşan ada yayı ürünleri ve çarpışma granotoidlerinden kalkalkalen serinin oluştuğunu belirtmişlerdir (Bingöl, 1986; Akgül, 1991; Bingöl ve Beyarslan, 1996).

**Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde (1988)**, göl, baraj ve akarsu rezervuarlarında biriktirilen kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama ve her sınıfın ne tür su ihtiyaçları için uygun olduğu belirtilmiştir.

**Şahinci (1991)**, Doğal suları Jeokimyası isimli eserinde doğal suların sınıflamasını ve karakteristiğini ortaya koyduktan sonra su-kayaç ilişkisini ve etkileşiminin su kalitesine ve kompozisyonuna etkisini çeşitli örnekler vererek yorumlamıştır.

**Ünlü (1994)**, Yeraltı Suyu Kirliliği ve Kontrolü adlı çalışmasında yeraltı sularının, kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlı olduğunu, kirlendiği takdirde birçok kullanım açısından değerini uzun zaman yitirmiş olacağını belirtmiştir. Yeraltı suyu kirleticiler ve kaynakları erken tespit edildiği takdirde, kirlilik akifere ulaşmadan gerekli önlemlerin alınabileceğini vurgulamıştır.

**Ali Kaya (2002)**, Araştırılan sahada sedimanter, volkanosedimanter ve magmatiklerden oluşan birimlerin yaşları Jura'dan Orta Eosen'e kadar değişim sunduğunu belirtmiştir. Guleman Ofiyoliti inceleme alanında Hazar Grubu, Ceffan formasyonu, Simaki formasyonu ve Gehroz formasyonları tarafından açılı uyumsuzluka örtüldüğünü saptamıştır. Uyumsuz olarak duran Guleman Ofiyoliti üzerinde bir diğer birim inceleme alanının kuzeyinde Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı olduğunu belirtmiştir. İnceleme alanındaki andezitik-bazaltik olan kayaçları volkanik birimi ve volkanosedimenter birim ise tabanda kumtaşları, çakıltaşlarıyla tavana doğru çamurtaşımarn ve kireçtaşlarına geçtiğini söylemiştir. Kuzeyden güneye doğru naplarla temsil edilen Hazar Grubu Guleman ofiyoliti üstünde olduğu birimlerle birlikte, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerine sonrasında geliştiğini belirtmiştir. Çalışma alanının içinden geçen KD-GB doğrultu atımlı sol yönlü (K60°D), 5-6 km genişliğinde birbirine paralel birkaç büyük faydan olduğunu ve yüksek eğim atım bileşenli Doğu Anadolu Fayı oluştuğunu ileri sürmüştür.

**Kırat ve Bölücek (2009)**, Maden Bakır İşletmesi (Elazığ) inceleme alanı ve çevresinde yaptıkları çalışmada, bu bölgenin engebeli ve karasal bir iklime sahip topoğrafya olduğunu belirtmişlerdir. Bu tür bölgeler için dere kumu çalışması ile metal dağılım şekillerini ve çözme yöntemi çalışmaları yapmışlardır. Bölgenin fiziko-kimyasal özellikleri nedeniyle dere kumlarındaki elementlerin, kimyasal olaylardan

çok fiziksel olayların etkisi ile meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar uygun çözme yönteminin belirlenebilmesi için 180-106 µm kum fraksiyonunun kimyasal analizini yapmışlar ve iki farklı çözme yöntemini uygulamışlardır. Mekaniksel dağılımın bölgede etkili olması, uzun mesafede dağılımın takip edilebilmesi ve yüksek kontrast sunması nedeniyle Kral suyu ile çözme; uygun çözündürme yöntemi olduğunu söylemişlerdir. Metal içeriğinin sadece kolaylıkla çözünebilen fraksiyonu için Soğuk siyanür liçi (NaCN) ile çözme yönteminin uygun olduğunu belirtmişlerdir. İnceleme alanı Maden (Elazığ) Dere Sedimentlerindeki Metal Dağılımındaki Çözünmenin Etkisi bu kayaçların genellikle ofitik doku, intersertal, intergranüler, ve subofitik gösterdiğini; bunların esas bileşenlerini kuvarsın plajiyoklas, ve piroksen oluşturduğunu; ikincil bileşenlerini ise, epidot klorit, ve kalsitten ibaret olduğunu belirtmişlerdir.

**Kalender (2011)**, Araştırmacı zenginleşme öncesini işletme atıklarının döküldüğü alandan daha yukarıya olan kısım, daha aşağı olan kısmı ise zenginleşme sonrası olarak isimlendirmiştir. İnceleme alanında kral suyu hem de soğuk siyanür yöntemiyle çözülmüş metallerin hepsinde Zenginleşme bölgesinde genel bir artış olduğunu saptamıştır. Bölgede soğuk siyanür ve kral suyunda çözülmüş Co değeri yöntemiyle çözülmüş Sb değerinin Zenginleşme sonrasında olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı çözünme her iki yönteminde de As, Zn, Pb ve Cu'da seyrelmenin normal olduğu bu metallere dere tabanına seyrelmeyle çökmesi ve metallerce fakir kumların katılmasıyla açıklık getirmiştir. İnceleme alanında işletme katı atıklarındaki kalıntı cevher minerallerinde yapılan örneklerde metal değerlerinin yüksek olduğunu belirtmiştir.

**Topal (2011)**, Elazığ da bir maden sahası ve çevresinde yaptığı çalışmada ağır metallere kaynaklanan sızıntı sularının Maden çayına etkisini araştırmak amacıyla metal kirliliğine maruz kaldığına değinmiştir. İnceleme alanında maden çayı Sınıf I (kadmiyum, nikel, demir ve mangan), Sınıf II (kobalt) ve Sınıf III (bakır ve kurşun) konsantrasyonları açısından kalitesinde bir yüzeysel su olduğunu saptamıştır. Araştırmacı maden sahası civarında sızıntı sularının Maden çayına girmesiyle birlikte alınan örnekler de Sınıf II (demir) , Sınıf III (mangan), Sınıf IV ( kadmiyum, kobalt ,bakır, nikel ve kurşun) ve konsantrasyonu açısından kalitesinde bir yüzeysel su olduğunu tespit etmiştir. Su kalitesindeki değişimler geçtiği su havzalarını ve su canlılarını olumsuz yönde etkilediğini ve içme sularına kadar karıştığını belirtmiştir.

## **1.4. Materyal ve Yöntem**

Elazığ ilinin Maden ve Alacakaya ilçelerindeki maden sahalarından kaynaklanan yüzeysel su ve yeraltısuyunun kalitesi, kirliliği ve kirlenebilirliğini konu alan bu tez çalışmasında gerekli görülen yerlerde su numunelerinde örnekleme çalışması yapılmış ayrıca inceleme alanında daha önce yapılan çalışmalar derlenilmiş, araştırma konusuyla ilgili literatür taranmıştır. Laboratuvar çalışmaları için maden sahaları ve çevresinden arazide belirli dönemlerde örnek alımı yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarda yapılması gereken analiz ölçümlerine bağlı olarak tablolar, grafikler ve haritalar hazırlanmıştır. Ağır metal ve yüzey sularındaki anyon-katyon bileşimlerinin analiz sonuçlarına göre hidrojekimyasal değişimleri incelenmiştir.

### **1.4.1. Hazırlık çalışmaları**

Bu çalışmaya 2016 yılında literatür araştırması ile başlanmıştır. Hem bölgesel hemde yerel ölçekte Maden ve Alacakaya çevresinde daha önceden yapılmış çalışmalar derlenerek incelenmiş ve saha ile ilgili ön bilgi edinilmiştir. Elde edilen verilere göre benzer bölgelerde su incelemeleri yapılmış çalışmalar araştırılmış, kullanılan metotların daha sonraki aşamalarda inceleme alanındaki benzer problemlere uygulanabilirliği ve mevcut yöntemlere alternatif olabilecek ilave metotlar araştırılmıştır. İnceleme alanlarında 25 farklı noktadan alınan su numuneleri ile küçük ölçekli bir ön çalışma yapılarak yüzeysel su ve yeraltısuyunun kalitesi ve kirliliği konusunda bir fikir elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde bu çalışmanın sınırları belirlenmiş ve çalışmalar başlanmıştır. Ayrıca yine bu aşamada arazi çalışmalarında kullanılacak sarf malzemeleri ve gerekli ekipmanlar da temin edilmiştir.

### **1.4.2. Arazi çalışmaları**

Arazi çalışmaları 2016 sonlarında başlamış, 2017 yılı Ağustos ayında sonuçlanmıştır. Bu sürede inceleme alanında bulunan ve ön çalışmalardaki sonuçlar da göz önüne alınarak 25 farklı örnek noktası belirlenmiş ve gerekli örnekleme yapılmıştır.

Su örnekleme için lokasyonlarda 2016 yılı yağışlı sezon ve 2017 yılı kurak sezonu karakterize edecek şekilde iki dönem örnekleme yapılmıştır. Hidrojeoloji çalışmalarının bu bölümü arazide yerinde ölçümlerle gerçekleştirilmiştir.

#### **1.4.3. Laboratuvar çalışmaları**

Su örneklerine ait analiz çalışmalarında ana anyon ve katyon analizleri Elazığ İl Özel İdaresi laboratuvarında iz element analizleri ise Kanada'daki ACME laboratuvarında 2C Full Suite analiz grubunda yaptırılmıştır.

#### **1.4.4. Örnekleme, ölçüm ve analiz yöntemleri**

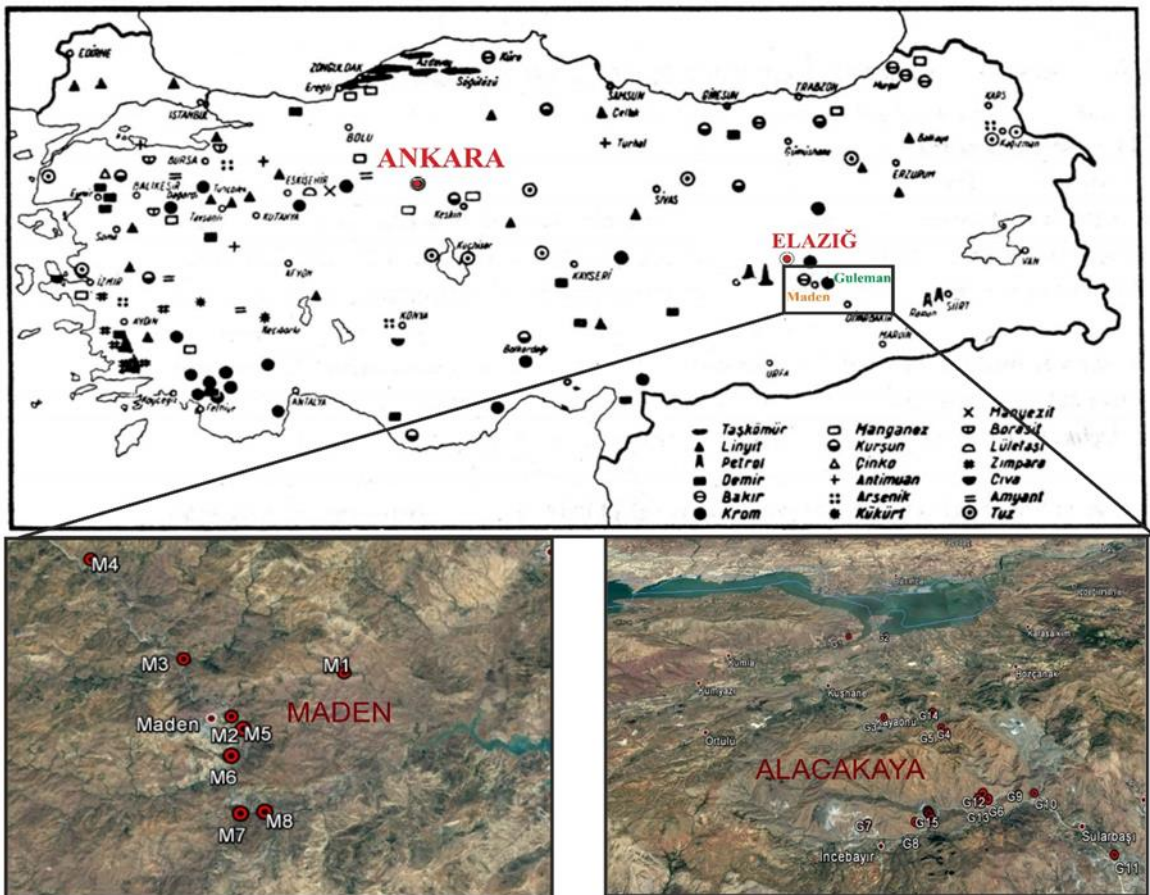
Suların bileşimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri arazide yapılan yerinde ölçümlerle ve toplanan su örnekleri üzerinde laboratuvarında uygulanan kimyasal analizlerle saptanmaktadır. Örnekleme, suların kimyasal özelliklerinin incelenmesinde hayati önem taşıyan işlemlerden ve su kalitesi ve kirliliği ile ilgili bilgilerin toplanmasındaki ana kaynaklardandır (Wood, 1976; Hem, 1971). Sulardan örnekleme yapılırken, TS 5090'DA (TSE1997) öngörülen numune alma ve analiz metotları uygun, örneklenen suyu doğru şekilde temsil edebilen ve laboratuvarında korunabilen bir miktar suyun alınmasına dikkat edilmiştir.

Sularda kısa sürede değişen sıcaklık pH, EC ve TDS parametrelerinin ölçümü arazide WTW Ph/Cond 340i SET-2 CİHAZI ile ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1.4). Yerinde ölçümlerden sonra ana ve iz elementlerin analizleri için 2 ayrı steril kaba su örnekleri alınmıştır. Su örneklerinin bileşimlerinde değişim olmasını önlemek amacıyla pH<2 olacak şekilde seyreltik hidroklorik asit (HCl) ilavesi yapılmış ve gerektiğinde serin ortamda muhafazaları sağlanarak örnekleme tamamlanmıştır. Su örneklerinin ana element tayini için Elazığ İl Özel İdaresi laboratuvarına ve iz element tayini içinde de Kanada'da bulunan ACME laboratuvarında sevk edilmiştir.



Şekil 1.4. İnceleme alanlarında yapılan yerinde ölçümlerin kayıt altına alınması.

İnceleme alanlarında 25 adet farklı örnek noktasında 2016 Eylül ve 2017 Mayıs aylarında birer kez olmak örneklemeler yapılmıştır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Numune alma noktaları

#### **1.4.5. Büro çalışmaları**

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarından elde edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak bölgenin iklim özellikleri ortaya konulmuştur. Yine su kalitesi ve kirliliği ile ilgili ölçüm ve analiz sonuçları değerlendirilerek, gerekli grafikler alansal dağılım haritaları hazırlanarak yeraltısuyu kalite sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra bütün veriler derlenerek rapor halinde hazırlanmıştır.





## 2. GENEL JEOLJİ

### 2.1. Stratigrafi

Alacakaya - Maden bölgesini oluşturan litolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyoliti, Maastrichtiyen-Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır.

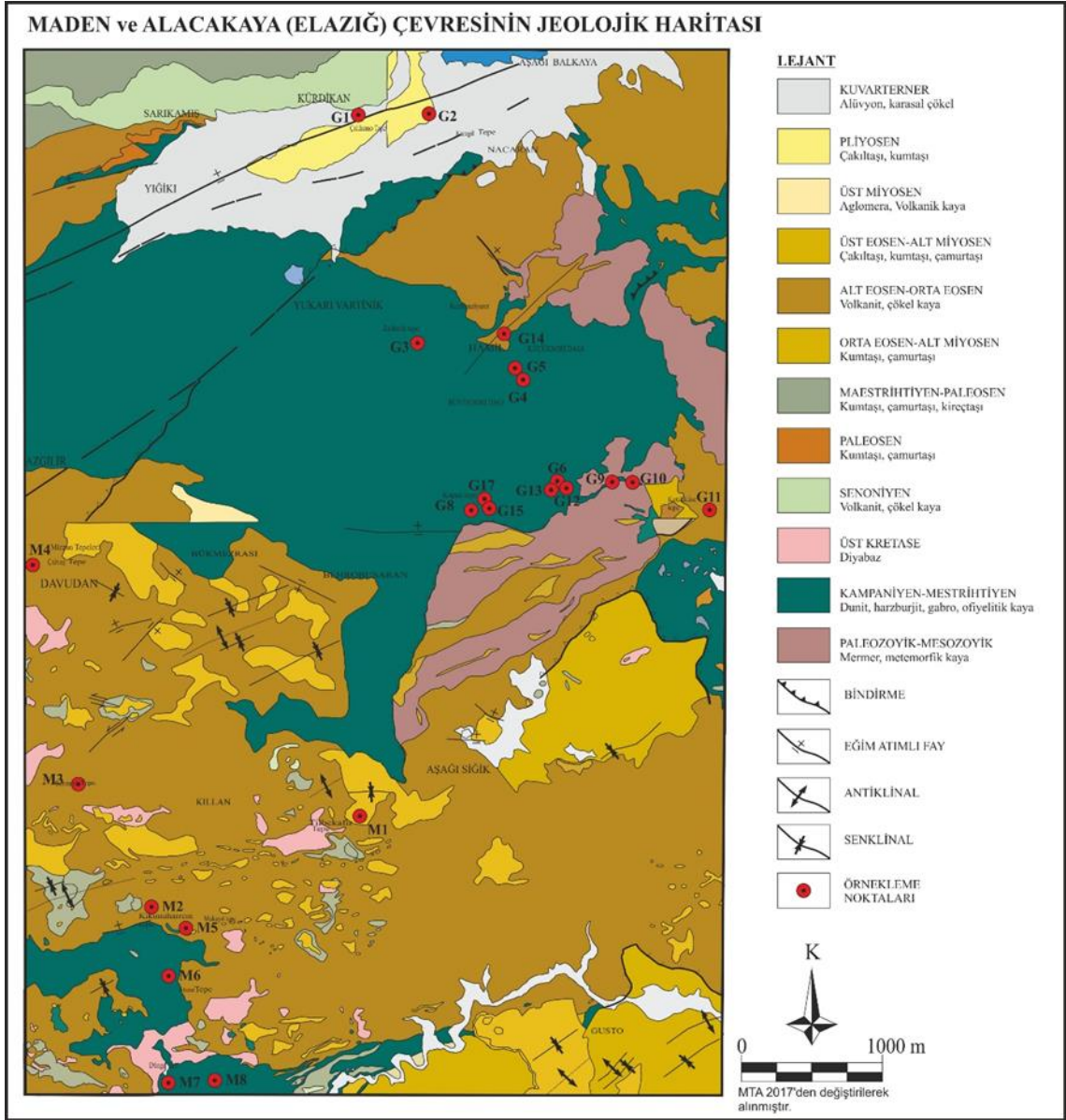
İnceleme alanı, Güneydoğu Anadolu kenet kuşağı üzerinde bulunmasından dolayı bölgede oldukça yoğun tektonizma görülmekte ve birimlerin stratigrafik ilişkisinden çok birbirleriyle tektonik ilişkilidir.

Doğu Anadolu Fay zonunun incelenen sahanın içinden geçmesi, bölgenin jeolojisinde kırılma tektoniğini ön plana çıkarmış ve tamamen birimler arasındaki ilişkiyi karmaşık hale getirmiştir. Fayların doğrultu ve eğim atım bileşenlerinin de olması bu karmaşıklığın sebeplerindedir.

#### 2.1.1. Guleman Ofiyoliti

Guleman (Alacakaya) ilçesi Elazığ'ın 50 km güneydoğusundaki birimin en iyi görüldüğü yerdir. Hazar Gölü'nün doğu ve güneyinde Guleman ofiyolitleri inceleme alanında yüzeylenirler ve kromit üretiminin Türkiye'deki önemli bir bölümü elde edilir (Şekil 2.1).

İnceleme alanındaki Guleman ofiyolitlerinin, tektonik ve stratigrafik ilişkisi diğer birimlerle değişkenlik gösterirler. Araştırılan sahadaki birimler, daha güneydeki Ceffan formasyonunun ultrabazik çakıllı kırmızı taban konglomeralarıyla uyumsuz olarak örtülürken, Hazar Grubu'na ait Simaki formasyonunun çamurtaşlarıyla uyumsuz olarak örtülmektedirler. Devamsız yer yer çakıltaşlarıyla gözlenen Maden Karmaşığı, birimin üzerini uyumsuzlukla örterler. Bununla beraber, yoğun tektonizma nedeniyle fay zonu içine doğru, kataklastik bir kayma zonu ile dokanaklı olduğu Guleman Ofiyolitleri üzerinde Maden Karmaşığı sıyrılma fayı şeklinde sürüklenmiş olarak görülmektedir. Litolojiler temelde; dünit, harzburjit, verlit, piroksenit, gabro, bantlı gabro ile bunları kesen diyabaz dayklarından oluşan ofiyolitik bir istiflenmesi bulunmaktadır. Tektonik hatlara yakın yerlerde birim tamamen serpantinleşmiştir.



**Şekil 2.1.** İnceleme alanı ve çevresi bölgesel jeoloji haritası (1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritası MTA,2017).

### 2.1.2. Hazar Grubu

Hazar Grubu inceleme alanınınında en yaygın birim olarak; tabanda kırıntılılar ile başlayıp üste doğru kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve üst seviyelerde ise karbonatlı birimlerden oluşmaktadır. İnceleme alanında Guleman ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak duran Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerinde tektonik dokanaklı nap şeklinde bulunmaktadır.

### **2.1.2.1. Ceffan Formasyonu**

Guleman ofiyolitleri inceleme alanında birimin en alt seviyelerinde, türemiş gabro, serpantinit ve bazaltlardan oluşan yarı yuvarlaklaşmış, eliptik şekilli, kırmızı-kahverenkli çakıltaşları yer alır. Pütürge metamorfiteğine ait çörtlere türeyen çakıllara inceleme alanının batısında az da olsa rastlanır. Birim, yüzeyletiği alanda yanal yönde devamsız olup üste doğru kırmızı-kahverenkli tane boyu azalan kumtaşı-silttaşı litolojisine geçer. Birimin üzerine Simaki formasyonu uyumlu olarak gelir.

### **2.1.2.2. Simaki Formasyonu**

En yaygın formasyonu Hazar Grubu'nun inceleme alanında ilk defa Sungurlu (1974) tarafından adlandırılmıştır. Maden Karmaşığı Çalışma alanının batısında yer alan Guleman ofiyolitleri tektonik dokanaklı olarak üzerinde bulunurken, sahanın diğere yerlerinde uyumsuz olarak üzerinde bulunmaktadır. Tabanda yeşilimsi-gri renkli ince-orta tabakalı, yer yer kumlu kireçtaşı mercek ve bantları içeren kumtaşı-şeyl-marn ar dalanması ile başlayın formasyon, tavana doğru koyu gri renkli kalın tabakalı kireçtaşları ile son bulur.

### **2.1.2.3. Gehroz Formasyonu**

Maden ilçesi inceleme alanının güneydoğusunda yer alan kuzeyinde bulunan Gehroz köyüdür. Birim kalın ve sert tabakalanmalı gri renkli, kireçtaşları hakimdir. Birimin kireçtaşları, alt seviyelerinde kumtaşı-çamurtaşı-marn ar dalanmasıyla ara seviyelidir ve uyumlu olarak Simaki formasyonunun üzerinde yer almaktadır. İnceleme alanında çıplak gözle bol fosilli olarak görülmektedir.

Başlangıçtaki oluşum alanı yarı karasal olmakla birlikte Hazar Grubunu takip eden dönemlerde yoğun bir sübsidansı incelendiğinde karbonatlarla sınırlandırılmış D-B doğrultulu, bir fliş havzası olarak sürekliliğini devam ettirmiştir. İlerleyen zamanlarda, kireçtaşı ve pelajik sedimantasyonuna ek olarak, kalk-alkalinin giderek artan bu özelliğinden ötürü havzanın volkanik oluşumunu devam ettirmiştir (Aktaş ve Robertson, 1985).

### **2.1.3. Maden Karmaşığı**

Diyabazlar, inceleme alanından başlayarak Anayatak'ın kuzeydoğusuna kadar geniş yüzeylemeler sunmakta olan Maden Karmaşığına aittir (Şekil 2.1). Tektonizma bağı olarak arazide gelişen diyabazlar, kırıklı ve çatlaklı yapıları ile yeşil ve yeşilin farklı renk tonlarında izlenmektedir. Diyabazlar mineralojik incelemeler sonucunda

yoğun olarak cevher içerdikleri belirlenmiştir. Ana bileşenlerini kuvars, piroksen ve plajiyoklasın oluşturduğunu; ikincil bileşenlerinin ise epidot, klorit ve kalsitten ibaret olduğunu ve genellikle bölgedeki kayaçların intersertal, intergranüler, subofitik ve ofitik doku gösterdiği belirtilmektedir. Birincil kuvarslar yanında diyabazlarda yaygın olarak ikincil kuvarslar da gözlenmekte ve apatit, opak mineraller tali bileşen olarak izlenmektedir. Cevherli diyabazlar yer yer kuvars ve yoğun olarak klorit, opak mineral içermesiyle cevhersiz diyabazlardan ayrılmaktadır. Maden Karmaşığı'nın en genç litolojisi olan karbonatlı çamurtaşı, Anayatak'ın kuzeyinde ve kuzeydoğusunda yüzeyleme sunmaktadır. Arazide çatlaklı ve ince taneli kırıklı bir yapıdan oluşan kırmızı, yeşil, kırmızımsı-yeşilimsi gri renklerde karbonatlı çamurtaşı, izlenmektedir. İnceleme alanında volkanizmanın yaygın olduğu yerlerde Karbonatlı çamurtaşları kırmızının değişik tonlarında izlenirken, yeşil, yeşilimsi gri renkte ise volkanizmanın olmadığı yerlerde gözlenmektedirler. Yer yer Nummulite ve Discocyclina fosilleri Karbonatlı çamurtaşlarında izlenen bu fosiller Maden Karmaşığı'nın oluşum yaşı olarak bilinen Orta Eosen yaşını vermektedir (Çelik, 2003).

## **2.2. Yapısal Jeoloji**

Kıta-kıta çarpışmasının görüldüğü inceleme alanı Alp-Himalaya orojenik kuşağında Bitlis-Zagros suture zonu içerisinde Doğu Toroslar kesiminde görülür. Bu zonda birimlerin ilksel stratigrafik ilişkilerinin bozulması çoğunlukla tektonizmanın yoğun oluşu neden olmuştur. Avrasya ile Arabistan levhalarının Orta Miyosen sonundaki çarpışmasını takip eden Geç Miyosen'de, yaklaşık K-G doğrultulu yatay sıkıştırma gerilmelerinin artması, kuzeyden güneye doğru bindirmeli-naplı yapıların gelişmesine ve Anadolu levhasının K-G doğrultusunda kısalıp kalınlaşmasına neden olmuştur (Şengör, 1980). Belli bir kalınlığa erişen Anadolu levhası daha fazla kalınlaşmamasıyla kırılıp batıya doğru kaçan bu gerilmeleri Doğu ve Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşumları karşılamaya çalışmıştır.

### **2.2.1. Kırıklı Yapılar**

Kırıklı Yapıların en önemlisi yaklaşık 5-6 km genişliğinde inceleme alanının içinden geçen doğrultu atımlı sol yönlü Doğu Anadolu Fayı yer alır. Bölgede tek bir fay şeklinde gözlenmeyip, birbirine yaklaşık paralel ve KD-GB doğrultulu ( $K60^{\circ}D$ ) birkaç büyük faydan oluşur.

Bölgenin KD'sundan Hazar Gölü'ne doğru genişleyen yüksek eğim atımlı bu fayların bileşenleri gölün kuzey, güney kenarlarını sınırlamış ve çöküntü havzası olarak Hazar Gölü'nün gelişmesine sebep olmuştur.

Küçükova fayı uydu fotoğraflarında ana yer değiştirme fayı olarak Hazar Gölü'nün doğusunda fay zonunun kuzeyinde görülür. Bir kaç km göle girdikten sonra Küçükova fayı yaklaşık 3 km lik güneye doğru bir sıçrama yapar ve güney batıya doğru devam eden ana yer değiştirme fayı (Adıyaman- Sincik segmenti) Hazar Gölü'nün güneyini sınırlamaktadır. Sıçrama yapan bu faylar, bir çek-ayır havza olan yarı graben özelliğindeki Hazar gölü'nün gelişimini sağlamıştır.

Herece ve Akay (1992), 9 km lik bir sol yanal atımdan çalışma alanına yakın yerlerde bahsetmişlerdir. Aynı araştırmacılar Geç Pliyosen'den beri fayın aktif olduğunu belirtmişler ve Gezin'in kuzeyinde, Zıkkımdere 150 m fayının ölçülebilen eğim atımı miktarı kadardır.

Hazar Fay Zonu inceleme alanının güneyinden geçen, yaklaşık paralel olan Doğu Anadolu Fay zonunun çizgisel fay vadisi görünümündeki içleri güncel alüvyonlarla dolmuş çöküntü alanıdır.

### 2.2.2. Naplı Yapılar

Güneydoğu orojenik kuşağında naplar önemli unsurların başında gelmekte ve metamorfik masifler üstte, ofiyolitler ise altında yer aldığı bir nap paketi halindedir. Metamorfize olan Masifler Geç Kretase'de, allokton topluluk olarak güneye doğru ofiyolitik dizinin üzerine itilerek bir nap paketi oluşturmuştur. Erken Eosen-Erken Miyosen dönemindeki bu nap paketi ilerlemesi sırasında kendi içinde dilimlenmiş, parçalanmış ve orta örtü birimleriyle örtülmüştür. Napların Orta Eosen'de ilerlemesiyle birincil olarak okyanusal bir ortamın ikincil olarak ise kalıntı denizlerin Erken Miyosen'de yok olmasıyla sürmüştür. Erken Miyosen'de en sonunda naplar topluca Arap platformu üzerine yerleşmiştir (Yılmaz ve Yıldırım, 1996).

Tek naplı yapı inceleme alanında Şeyhoğlu mezrası civarında gözlenmiştir. Burada Guleman ofiyoliti, üstündeki Hazar Grubu'nu oluşturan birimlerle birlikte kuzeyden güneye doğru, Maden Karmaşığı üzerine, muhtemelen Geç Miyosen'deki naplaşma hareketleriyle itilmişlerdir. Bu kayma zonlarında milonitler gelişmiştir.

İnceleme alanında, tabanda Guleman Ofiyoliti'nin gabroları üzerinde taban çakıltaşlarıyla başlar ve Üste doğru kumtaşı tabakaları, yer yer silisleşmiş kırmızı-kahve-gri renkli kumtaşı-çamurtaşı-marn ardalanmasına geçer. Bunların üstünde gri

renkli neritik, mikritik kireçtaşlı Nummulit fosiller bulunur. Birim en üstte, kırmızı-pembe pelajik kireçtaşlarıyla son bulur. Gözlenen andezitik, bazaltik volkanitler tüm bu birimlere yanal ve düşey geçişli, ara katkılar halinde eşlik eder. Manganlı-demirli cevherleşmeler Volkano- tortul istifin ara seviyelerinde görülür. Gri renkli kireçtaşı olistolitleri Maastrihtiyen yaşlı, havza dışı kökenli yabancı bloklar şeklinde istife karışıklarını ayrıca kireçtaşı olistolitleri de havza içi kökenli olarak tespit edilmiştir. Bu Maden çökme havzasının genel özelliği olistostromal istife volkanizmanın da eşlik etmesidir.

Maden Karmaşığının Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda yer alan tektonik konumunu açıklamaya çalışan (Yiğitbaş ve diğ., 1993), "Maden Grubu" nun, üç yapısal kuşak olarak ayırt ettikleri Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının en kuzeyindeki "nap alanı" içinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Orta Eosen başındaki bir riftleşme ile gelişmiş. Maden Karmaşığı olan bir havzada oluşmuş ve daha sonraki naplaşma hareketlerinin başlamasıyla da olistolit ve olistostromlu seviyeler meydana gelmiştir (Yiğitbaş ve diğ., 1993). Maden Karmaşığı'nın yoğun tektonizma altında çökme ortamının sürekli olması, sık aralıklarla ortamsal şartların değişimine sebep olduğundan, birimlerin litolojik olarak yanal devamlılığına imkan tanımamıştır (Perinçek, 1979).

Maden Karmaşığının oluşum ortamıyla ilgili olarak farklı modeller ileri süren Aktaş ve Robertson (1990), havza modelini biriminin çökme ortamı için jeokimyasal verilerle destekledikleri bir model olan yay ardını önermişlerdir.

Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda yer alan Maden Karmaşığı'nın tektonik konumunu açıklamaya çalışan (Yiğitbaş ve diğ.,1993), "Maden Grubu" nun, üç yapısal kuşak olarak ayırt ettikleri Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının en kuzeyindeki "nap alanı" içinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Maden Karmaşığı, Orta Eosen başındaki bir riftleşme ile gelişmiş olan bir havzada oluşmuş, daha sonraki naplaşma hareketlerinin başlamasıyla da olistolit ve olistostromlu seviyeler meydana gelmiştir (Yiğitbaş ve diğ., 1993). Maden Karmaşığı'nın çökme ortamının sürekli yoğun tektonizma altında olması, ortamsal şartların sık sık değişimine sebep olduğundan, litolojik birimlerin yanal devamlılığına imkan tanımamıştır (Perinçek, 1979).

Gri renkli mikritik kireçtaşlarından alınan numunelerin determinasyonu ile Nummulites sp., Discocyclina sp., Operculina sp. gibi Orta Eosen yaşlı fosiller bulunmuştur. Önceki çalışmacılardan Özkaya (1978), Perinçek (1979), Yazgan (1983,1984), (Sungurlu ve diğ., 1984), Hempton (1984, 1985) ile (Yiğitbaş ve diğ.,

1993) birimin yaşının Orta Eosen olduğunu belirtirken, Erdoğan (1982), Üst Kretase-Alt Eosen; Aktaş ve Robertson (1985) ise Paleosen-Eosen olarak belirtmişlerdir.

Maden Karmaşığının oluşum ortamıyla ilgili olarak farklı modeller ileri süren Aktaş ve Robertson (1990), jeokimyasal verilerle destekledikleri bir model olan yay ardı havza modelini birimin çökelme ortamı için önermişlerdir.

Yiğitbaş ve diğ., (1991), Riftleşme ile Maden havzasının gelişimine başladığı ve giderek derin denizel ortam haline gelmiş bu havzanın daha güneyinde yer alan Helete Volkanitlerinin kuzeyinde bir yay ardı havza olarak geliştiğini kabul etmişlerdir. Kısa ömürlü Maden havzası, Orta Eosen'de açılıp bu dönemin sonunda kapanan bir havzadır. Volkanitlerden iki farklı düzeyde gözlenen birim içinde tabanda sığ denizel çökellerle iç içe alkalin karakterde olduğunu daha üst seviyelere doğru pelajik çökellerle birlikte görülen bazaltik volkanitlerden oluştuğunu saptamışlardır. Havzanın kapanmasını ise, Orta Eosen sonunda Maden havzasına doğru kuzeyden ilerleyen metamorfik ve ofiyolitik napların gelişimine bağlamaktadırlar.

Turan ve diğ., (1995), Maden Karmaşığının volkanosedimanter birimlerden oluşan Orta Eosen yaşlı, gerilmeli bir yayın yay ardı havzasında Neotetis Okyanusunun güney kolunun kapanmasıyla ilişkili olarak geliştiğini savunmuşlardır.

Erdoğan (1982), Hazar ve Maden Karmaşıkları'nın yanal ve düşey yönde geçişler gösterdiğini belirtip bu birimleri Maden Grubu altında birleştirerek incelemiştir.

### 3. SULARIN HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanlarındaki yeraltı ve yüzey sularının hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve kalite sınıflandırılmasının yapılabilmesi amacıyla, 2016 kurak (Tablo 3.1) ve 2017 yağışlı (Tablo 3.2) dönemler için, Maden sahasından 8, Alacakaya sahasından 17 örnek olmak üzere toplam 25 adet su örnekleri alınarak analizleri yaptırılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.





Tablo 3.1. 2016 yılı kurak döneme ait fiziksel özellikler ile ana anyon katyon değerleri(mg/l).

Sıra No	Örnek No	ÖRNEK ALINDIĞI NOKTA	Koordinatlar		T(°C)	Sertlik (Fr)	EC	pH	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
			X	Y													
1	G1	Dere Yatağı	564783	4273217	14,2	26,85	782	8,09	21,85	1,17	61,73	46,36	0,01	27,63	1,85	10,09	390,52
2	G2	Dere Yatağı	566712	4273197	13,2	13,97	380	7,45	3,01	0,32	31,5	25,76	0,01	2,77	1,34	4,28	209,35
3	G3	Bilfer Galeri	566694	4266675	11	9,93	248	8,56	3,84	0,41	27,15	5,34	0,15	5,98	2,61	1,01	110,89
4	G4	Dere Yatağı	569298	4265739	13,5	7,85	202,2	9,29	1,49	2,62	21,52	4,1	0,03	1,36	8,76	7,55	100,65
5	G5	Zeycama Galeri	569070	4265999	12,7	17,41	377	7,98	3,99	0,36	44,13	18,73	0,15	7,42	0,22	2,69	203,98
6	G6	Dere Yatağı	570558	4262463	15	8,55	214,1	7,97	1,19	1,31	23,87	3,27	0,17	1,46	2,35	1,06	115,16
7	G7	Dere Yatağı	566165	4261503	15,6	8,04	790	11,6	11,34	12,92	0,25	63,72	0,11	3,55	4,85	14,16	169,45
8	G8	Dere Yatağı	567833	4261580	12,8	9,28	264	8,48	3,28	0,89	19,9	19,91	0,01	2,84	0,87	4,93	139,81
9	G9	Kef Galeri	571735	4262720	12,1	13,48	448	7,43	2,88	0,37	19,89	53,63	0,05	1,96	3,66	4,22	151,28
10	G10	Dere Yatağı	572341	4262759	14,4	9,36	268	8,04	3,31	0,8	21,25	16,84	0,01	6,05	0,85	3,53	139,69
11	G11	Kamber Çeşmesi	574523	4260105	15,1	11,71	278	7,65	1,21	0,28	30,36	10,79	1,28	0,48	2,25	3,06	158,84
12	G12	Türkan Deresi	570200	4262470	14,4	6,31	225	7,71	2,102	0,8	4,21	38,92	0,02	0,62	1,54	3,7	87,23
13	G13	Yunus Dere Galeri	570395	4262685	13,2	8,48	219,2	8,36	0,97	0,5	23,63	3,33	0,01	1,52	2,61	1,12	82,472
14	G14	Garip Baba 2	568765	4266870	14,9	11,03	244	7,89	0,68	0,32	30,74	4,28	0,02	1,22	3,31	9,25	80,642
15	G15	Kozan Deresi	568435	4261620	14,2	8,7	269,0	8,19	1,43	0,5	15,08	28,44	0,02	1,04	2,35	3,33	95,282
16	G16	Kromen Galeri	568311	4261970	13,5	3,75	991	11,53	5,87	7,65	0,15	29,7	0,14	8,52	3,94	10,62	158,966
17	G17	Şabata Galeri	568353	4261887	12,7	1,6	203,4	8,49	0,41	0,41	21,3	3,69	0,03	1,33	1,25	1,57	73,566
18	M1	Dere Yatağı	564906	4251628	14,9	8,33	300	7,61	2,03	0,32	6,08	50,13	0,036	0,85	1,44	8,33	156,16
19	M2	Dere Yatağı	559326	4249585	12,5	11,86	410	7,36	6,84	0,62	15,23	53,34	0,03	2,85	0,37	44,01	187,39
20	M3	Dere Yatağı	557139	4252661	11	10,22	353	6,83	6,91	0,5	10,95	51,88	0,04	2,23	0,25	13,43	181,04
21	M4	Dere Yatağı	552885	4257995	12,5	10,28	384	6,95	4,65	0,35	7,53	61,77	0,003	1,25	0,1	8,22	211,06
22	M5	Dere Yatağı	559870	4248926	12,1	11,1	382	8,01	4,73	0,34	14,46	49,36	0,03	2,49	0,82	43,23	98,82
23	M6	Dere Yatağı	559240	4247561	12,8	5,67	415	7,91	5,95	1,49	8,07	23,38	1,21	12,38	2,17	46,59	108,82
24	M7	Dere Yatağı	559555	4244543	12	9,32	339	7,77	3,76	0,5	6,82	55,98	0,03	1,73	0,35	10,67	109,556
25	M8	Dere Yatağı	560738	4244583	12,5	9,79	354	8,2	5,44	0,38	10,29	50,32	0,04	2,34	0,27	14,72	112,728

**Tablo 3.2.** 2017 yılı yağışlı döneme ait fiziksel özellikler ile ana anyon katyon değerleri(mg/l).

Sıra No	Örnek No	ÖRNEK ALINDIĞI NOKTA	Koordinatlar		T(°C)	Sertlik (Fr)	EC	pH	Na	K	Mg	Ca	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
			X	Y												
1	G1	Dere Yanığı	564783	4273217	16,3	31,93	715	8,15	25,88	0,78	74,42	52,09	36	2,98	11,93	491,78
2	G2	Dere Yanığı	566712	4273197	16,1	14,563	133	8,39	2,5	0,68	32,97	26,46	2,15	1,53	4,57	242,17
3	G3	Bilbir Galeri	566694	4266675	15,1	11,412	115,4	8,31	1,05	1,7	30,78	7,23	1,92	0,82	1,98	169,21
5	G5	Zeytin Galeri	569070	4265999	15,1	13,751	108,2	8,47	0,91	1,08	36,74	9,67	1,3	14,17	1,92	188,49
6	G6	Dere Yanığı	570558	4262463	15,2	10,874	172,5	8,73	1,27	0,4	30,35	4,11	1,64	2,99	1,34	148,108
7	G7	Dere Yanığı	566165	4261503	11,83	78,115	223	11,83	18,58	20,73	0,2	78,3	3,23	7,59	8,48	255,59
8	G8	Dere Yanığı	567833	4261580	19,2	9,953	106,2	9,9	3	2	23,03	16,73	1,56	2,08	5,42	154,33
9	G9	Keif Galeri	571735	4262720	18,3	81,845	0,44	11,5	7,07	10	0,23	26,13	2,93	2,96	12,19	89,67
10	G10	Dere Yanığı	572341	4262759	23,7	12,484	122,4	8,8	1,89	0,00	26,49	27,55	2,54	1,35	3,69	198
11	G11	Kambur Çeşmesi	574523	4260105	20,1	15,238	218,6	8,63	1,01	0,00	42,03	7,07	1,38	3,54	4,22	215,696
12	G12	Tutkank Deresi	570200	4262470	17,1	9,32	306	7,72	0,81	0,00	25,8	4,07	1,17	2,107	1,21	244,244
13	G13	Yunus Dere Galeri	570395	4262685	18,2	9,278	181,9	8,22	2,52	0,00	24,36	7,67	1,64	2,54	2,55	152,988
14	G14	Gaııp Baba 2	568765	4266870	16,1	10,922	190,8	8,4	0,84	0,00	30,19	4,92	1,11	3,29	1,72	153,11
15	G15	Kozan Deresi	568435	4261620	18,3	8,653	230	8,18	2,16	0,00	10,77	39,87	0,84	0,26	4,19	185,562
16	G16	Kronen Galeri	568311	4261970	17,1	2,352	180	10,47	6,3	9,56	0,175	18,39	2,86	2,96	10,78	134,322
17	G17	Şabata Galeri	568353	4261887	18,3	9,328	170,2	9,45	0,42	0,36	26,78	1,48	0,916	1,07	1,06	156,282
18	M1	Dere Yanığı	564906	4251628	19,8	12,812	384	8,42	8,73	0,79	20,58	46,29	1,83	0,38	20,65	228,75
19	M2	Dere Yanığı	559326	4249585	20,1	12,855	366	8,67	6,31	0,58	15,47	60,63	2,59	1,19	40,01	232,044
20	M3	Dere Yanığı	557139	4252661	18,1	10,891	316	8,35	6,93	0,48	11,8	54,93	2,17	0,58	13,38	231,556
21	M4	Dere Yanığı	552885	4257995	14,8	10,055	311	7,65	4,44	0,29	7,8	59,15	1,42	0,31	12,32	208,986
22	M5	Dere Yanığı	559870	4248926	14,8	14,49	404	7,97	5,97	0,55	19,21	63,47	2,35	0,97	63,76	224,846
23	M6	Dere Yanığı	559240	4247561	16,7	7,442	241	7,54	3,98	0,00	4,65	46,91	1,04	2,22	14,08	172,996
24	M7	Dere Yanığı	559555	4244543	17,1	13,644	396	7,49	12,56	0,00	17,21	62,14	3,85	1,12	12,85	282,308
25	M8	Dere Yanığı	560738	4244583	17,6	32,228	576	8,05	18,92	0,00	75,04	52,77	26,07	59,42	11,71	405,65

### 3.1. Yeraltısularının Genel Kimyasal Özellikleri

#### 3.1.1. Sertlik:

Suyun sertliği çözünmüş halde içinde bulunan  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  bileşiklerinden gelen bir özelliktir.  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$ ,un meydana getirdiği bu bileşikler, bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ülkemizde Fransız Sertlik Derecesi ( $\text{Fr}^0$ ) suların sertlik derecelerini belirtmek için kullanılmaktadır., 1 lt suda 10 mg  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  bikarbonat veya buna eşdeğer diğer sertlik verici iyonlarına 1 Fransız sertlik derecesi bulunmasıdır.

Geçici sertliği kalsiyum ve magnezyumun bikarbonatları ve kalıcı sertliği klorür, fosfat, nitrat, sülfat, ve silikatların bikarbonatları belirler. Kalıcı sertlik giderilemezken geçici sertlik suların kaynatılması ile giderilir (Hounslow, 1995). Toplam sertlik değerleri inceleme alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde 1,6-26,85 arasında çok yumuşak sulardan oldukça çok sert sulara kadar değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki suların toplam sertlik değerleri 2017 (yağışlı) döneminde ise 2,35-81,84 çok yumuşak sulardan çok sert sulara kadar değişim göstermektedir ( Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

**Tablo 3.3.** Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflanması (Şahinci, 1991).

Fransız Sertliği	Su Sınıflaması
0,0-7,2	Çok Yumuşak
7,2-14,5	Yumuşak
14,5-21,5	Az Sert
21,5-32,5	Oldukça Sert
35,5-54	Sert
>54	Çok Sert

**Tablo 3.4.** Suların Ph Derecesine Göre Sınıflanması (Erdoğan, 2013)

<b>pH</b>	<b>Su Sınıflaması</b>
>8,5	Bazik
8,5-7	Bazik Karakterli
7	Nötr
7-4,5	Asit Karakterli
<4,5	Asit

### 3.1.2. Hidrojen iyonu aktivitesi (pH):

Hidrojen iyonu sudaki konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması pH olarak tanımlanır. Suların nötrlüğü pH=7 olarak kabul edilirler. pH<7 yeraltısuları genel olarak asit özelliği olan sulardır. pH>8 Yüzeysuları ise bazik özellikteki olan sulardır ( Tablo 3.4). pH değerinin 6.5-8.5 arasında olması TSE-266'ya göre içme sularındaki uygunluğu görülmektedir.

Bölgedeki sular 2016 (kurak) dönemde 6,83-11,53 arasında asit karakterli sulardan bazik sulara kadar değişim göstermektedir. Çalışma alanındaki sular 2017 (yağışlı) döneminde ise 7,49-11,83 arasında bazik karakterli sulardan bazik sulara kadar değişim göstermektedir ( Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

### 3.1.3. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR):

Sulama suyu kalitesi belirlenmesi için sodyum miktarı önemli bir kriter olup Toprağın geçirgenliği azaltıp yapısını bozar ve toprak üzerinde kaymak şeklinde bir kabuk oluşması sulamadan sonra meydana gelir. Bitki kökleri bundan dolayı hava alamaz ve zehirli bir ortam bitkiler için oluşur.

Çalışma alanındaki sular 2016 (kurak) dönemde 0,024-0,491 arasında ve 2017 (yağışlı) döneminde ise 0,016-0,536 arasında olup çok iyi özellikte sulama sularıdır (Tablo 3.5).

**Tablo 3.5.** SAR oranına göre sulama suları sınıflandırılması (Erdoğan, 2013)

<b>SAR;</b>	<10	Çok iyi özellikte sulama suları
	10-18	iyi özellikte sulama suları
	18-26	orta özellikte sulama suları
	>26	fena özellikte sulama suları

### 3.1.4. Sodyum İyon Yüzdesi (% Na):

Sulama sularının en belirgin özelliği sodyum iyon yüzdesidir. Topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimi sulama sularında sodyum yüzdesinin artışından kaynaklanır.

İnceleme alanındaki sular 2016 (kurak) dönemde 1,316 - 11,608 arasında değişmektedir.

Çalışma alanında 2017 (yağışlı) döneminde 1,103 - 35,72 arasında değişmektedir ( Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

### 3.2. Suların Anyon-Katyon Özellikleri

**SODYUM (Na<sup>+</sup>) ve POTASYUM (K<sup>+</sup>):** Sodyum klorürün suda kolay çözünmesi ve tabiattaki bolluğunun başlıca kaynağı sulardaki sodyumdur (Na<sup>+</sup>). Yeraltısularının sodyum içeriği kil minerallerinin yapısındaki Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup> iyonlarının yer değiştirmesine ve ana kayadan Na-plajioloklasın ayrışmasına bağlıdır. İnsanlar üzerinde kötü bir etkisi olmayan Na<sup>+</sup> iyonu bütün sularda bulunur. Fakat böbrek ve kalp hastalarının sürekli içmemeleri gerekmektedir. Tansiyonu yükselten element sodyum olduğu için, yüksek tansiyon hastalarının ise az sodyumlu olan suları tüketmesi önerilmektedir. Toprağın yüzeyinde sert bir kabuk oluşması sulardaki yüksek sodyum miktarı nedeni ile bitkinin büyümesini yavaşlatıcı etkisi ve bitki köklerinin hava almasını engellemektedir. (Foster, 1950; Feth vd., 1964; Back, 1966; Garrels, 1967; Akgiray, 2003; Soyaslan; 2004). İnceleme alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde sodyum değerleri 0,41-21,9 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde sodyum değerleri 0,81-25,88 mg/l arasında değişmektedir.

Killerde, mikalarda, feldispatlarda ve feldispatoid minerallerinde potasyum esas olarak bulunur. K<sup>+</sup> içeriği 20 mg/l doğal sularda iken, sıcak su kaynaklarında bu değer 100 mg/l'e ulaşabilmektedir. Potasyum kullanma ve içme suları standartlarında 12 mg/l

aşmamalıdır. İnceleme alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde potasyum miktarları 0,3-12,9 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde potasyum miktarları 0-10 mg/l arasında değişmektedir.

**KALSİYUM (Ca<sup>+2</sup>):** Yerkabuğunda ağırlık yüzde dağılıma göre oksijen, silisyum, alüminyum, demirden sonra Sularda Ca<sup>+2</sup> iyonu beşinci sırada bulunmaktadır. Yeraltısularına albit, amfibol, dolomit, anortit, kalsit, jips, anhidrit, piroksen fluorit, ve aragonit gibi minerallerin bozunmasıyla kalsiyum ortaya çıkar. Kalsiyum miktarı yeraltısularındaki genellikle 10-100 mg/l arasında değişmekte ve bu miktar 500 mg/l-1000 mg/l'ye kadar çıkabilir. Çalışma alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde kalsiyum miktarları 3,2-63,7 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde kalsiyum miktarları 1,48-78,3 mg/l arasında değişmektedir.

**MAGNEZYUM (Mg<sup>+2</sup>):** Katyon magnezyum (Mg<sup>+2</sup>) iyonu yeraltısularında kalsiyumdan sonra en fazla bulunmaktadır. Sedimanter kayaçlardaki dolomit doğal sulardaki magnezyumun en önemli kaynağıdır. Bunun yanı sıra magnezyum kaynağı olan diğer önemli mineraller, magmatik ve metamorfik kayaçlardaki mika, olivin, talk, amfibol, piroksen, serpantin, ve tremolitlerdir. 10-100 mg/l arasında magnezyum yeraltısularında bulunurken 125 mg/l'yi aşması durumunda ise sular acılaşıp içilememektedir. Daha fazlası oranda saptanma ile bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Bölgedeki suların 2016 (kurak) dönemde magnezyum değerleri 0,1-61,7 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde magnezyum değerleri 0,1-75,04 mg/l arasında değişmektedir.

**SÜLFAT (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>):** Yeraltısularında anhidrit ve jipsten büyük oranda Sülfat gelir. Sülfat bunların dışındaki piritin oksidasyonu ile oluşan demir, magnezyum ve sodyum sülfatlarından az miktarda kaynaklanabilir. Çalışma alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde sülfat değerleri 1,01-46,6 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde sülfat değerleri 1,06-63,76 mg/l arasında değişmektedir.

Sülfatın içme sularında 250 mg/l maksimum miktarı olmalıdır (TSE, 266). Toprağın tozunu artırmasından başka sülfatın zararlı etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mg/l'ye kadar olan miktarlar bitki beslenmesi için yararlıdır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

**KARBONAT ve BİKARBONAT (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** atmosfer ve topraktaki CO<sub>2</sub> den ve karbonatlı kayaçların çözünmesinden yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu oluşmaktadır. Sudaki CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> miktarı CO<sub>2</sub> miktarına ve suyun pH'sına bağlıdır (Hounslow, 1995). Sulama suları için bikarbonat

iyonu yararlı olu toprakta daha fazlası kireç birikimine sebep olur (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

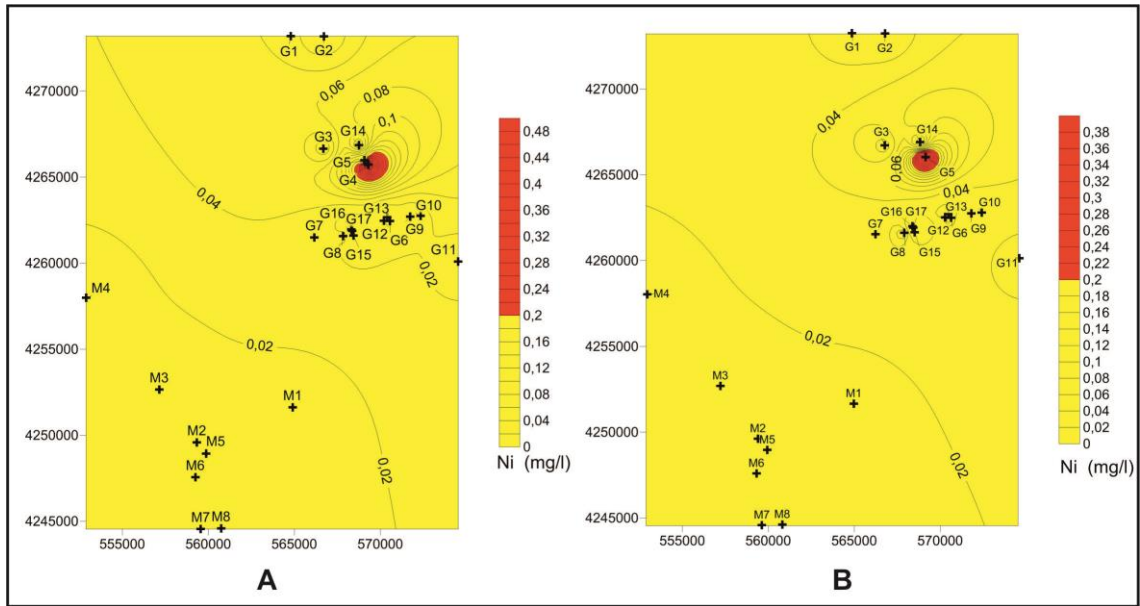
**KLORÜR (Cl):** Yeraltısularına ait klorür; evaporitlerden, deniz suyundan, kar yağmur, suyundan veya atmosferden gelebilir. İnceleme alanındaki suların 2016 (kurak) dönemde klorür değerleri 0,6-27,6 mg/l arasında değişmektedir. İnceleme alanındaki suların 2017 (yağışlı) dönemde klorür değerleri 0,9-36 mg/l arasında değişmektedir. Klorürün içme sularındaki maksimum miktarı 600 mg/l'dir.

### 3.3. Suların Hidrokimyasal Bileşimleri ve Alansal Dağılımları

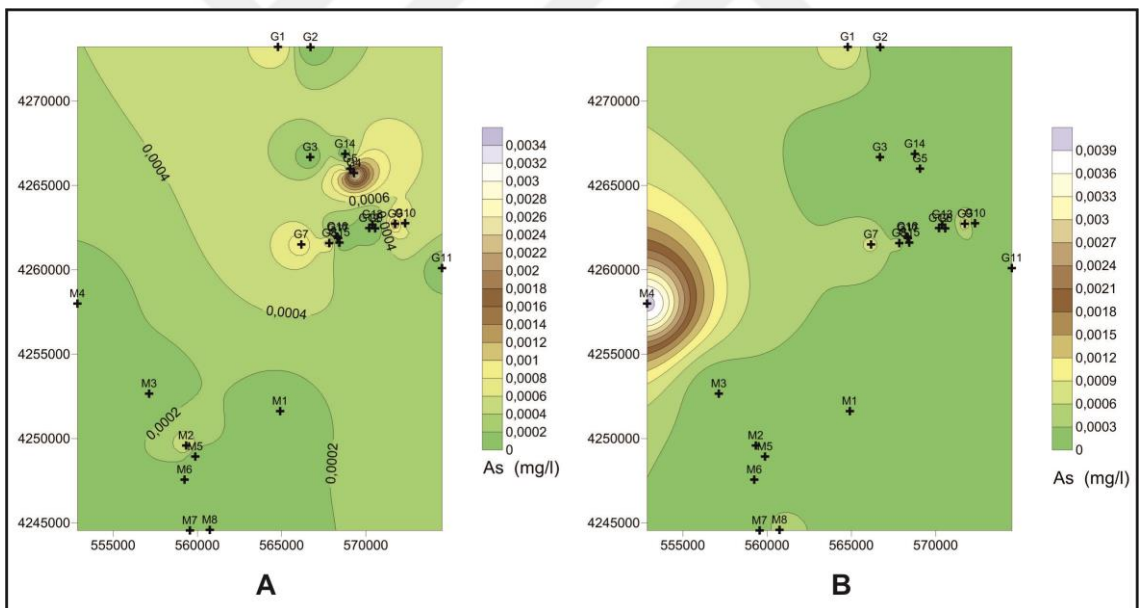
Anomali kontrast değeri çalışma konusunu oluşturan her bir element için zenginleşme sonrasının, zenginleşme öncesine ortalama bölümüyle elde edilir. Soğuk siyanür yöntemiyle çözülmüş metal değerleri (Pb dışında) Kral suyunda çözünen metal değerlerine göre daha düşük kontrasta sahiptir. Zenginleşme bölgesinde hem soğuk siyanür yöntemi ile çözünen metallerin (Pb, As, Ni, Zn, Sb, Co, ve Cu) hemen hepsinde kral suyunda bir artış görülmektedir. Çözünen metallerin (Zn, Cu, As, Sb, ve Pb) Kral suyunda içerikleri, çözünen metallerin (Pb, As, Cu, ve Co) soğuk siyanür yöntemindeki içerikleri olup ayrıca anomali kontrastı görülmektedir.

ICP yöntemiyle farklı elek boyutlarındaki örneklerin ACME (Kanada) laboratuvarlarında bir saat % 0,1 NaOH'da santrifüj analizleri yaptırılmıştır. Pb, Cu, Sb, Zn, As, Co, ve Ni, elementleri Anayatak'taki cevherleşmeyle bağlantılı olduğundan bu elementler değerlendirilmiştir. Elementlerin yapılan analiz dedeksiyon limitleri şöyledir: As:10 ppm, Co: 2 ppm, Cu: 10 ppm, Ni: 10 ppm, Pb: 10 ppm, Sb: 2 ppm, Zn: 10 ppm.

İnceleme alanındaki suların As, Cu, Ni, Sb, Pb ve Zn dağılım haritaları hazırlanması sürecinde Ni ve As'in cevherleşmeye bağlı olarak beraber gözlemlendiği, bu yüzden kurak dönemde aynı lokasyonda anomali değerleri sunduğu açıkça görülmektedir. Yağışlı dönemde Nikel konsantrasyonu biraz azalmasına rağmen yine ilksel konumunda gözlenirken (Şekil 3.1), Arsenik Nikel'e göre daha mobil ve hafif olduğundan ilksel lokasyonundan yaklaşık 3000m taşınarak dere yatağında çökmesi sonucunda orada bir anomali oluşumuna sebep olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.1.** A. Kurak döneme ait Ni konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Ni konsantrasyonlarının dağılımı

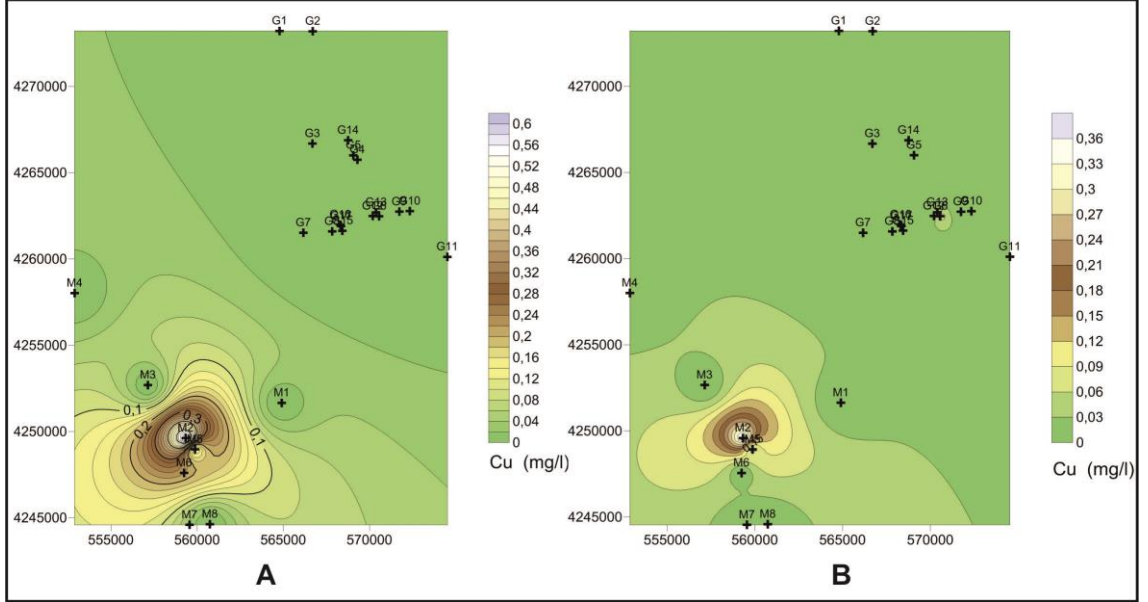


**Şekil 3.2.** A. Kurak döneme ait As konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait As konsantrasyonlarının dağılımı

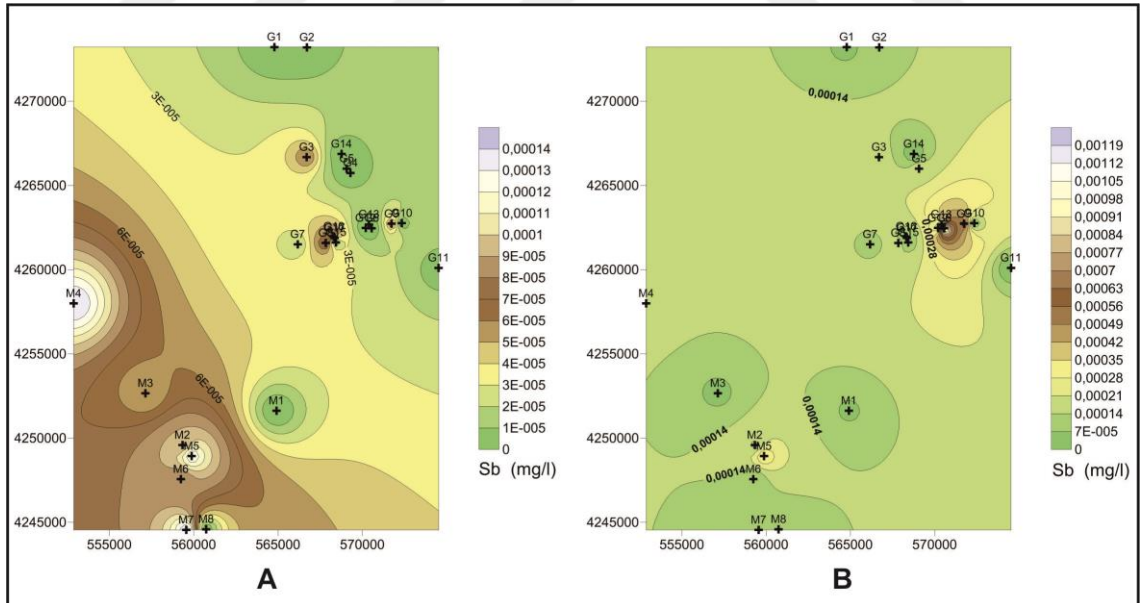
Maden sahasındaki cevherleşmeye bağlı olarak beklenen bir sonuç olan Cu, Pb, Zn ve Sb kurak dönemde cevherleşmeyi işaret edecek şekilde ve yaklaşık aynı lokasyonlarda bir anomali oluşumuna sebebiyet vermişlerdir. Yağışlı dönemde ise taşınmaya bağlı olarak ikisel lokasyonlarında da görülmelerine rağmen düşük konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir. Söz konusu elementlerin taşınma sonucu ilksel ortamdan



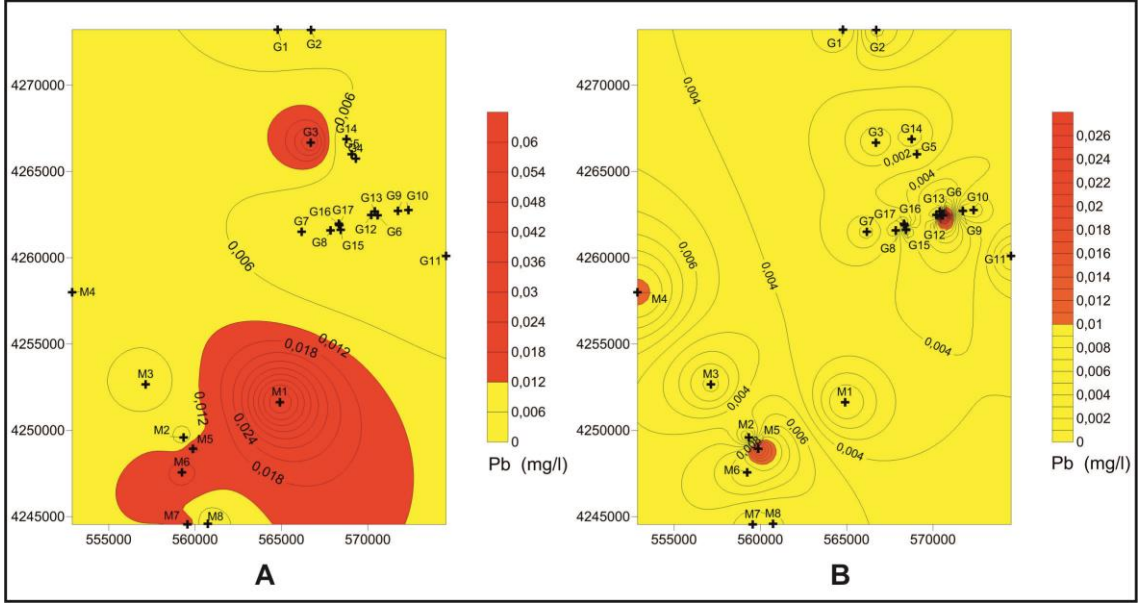
uzaklaştırıldıklarının bir diğer göstergesi de; dere yatağı boyunca kuru dönemde anomali tespit edilmeyen lokasyonlarda küçük anomaliler sunmalarıdır (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6).



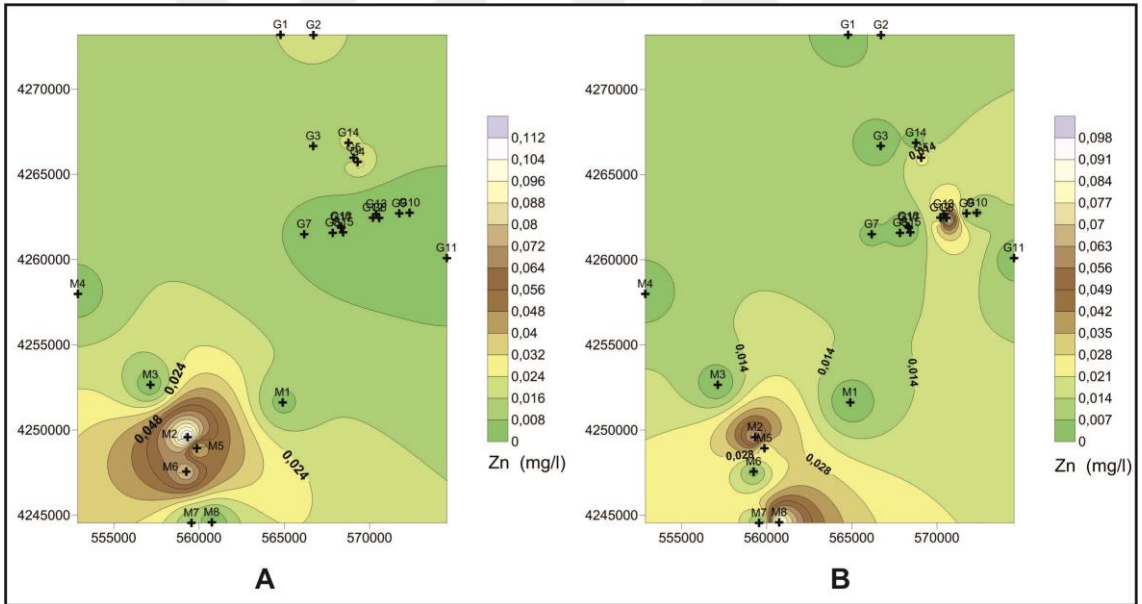
**Şekil 3.3.** A. Kurak döneme ait Cu konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Cu konsantrasyonlarının dağılımı.



**Şekil 3.4.** A. Kurak döneme ait Sb konsantrasyonlarının dağılımı. B. Yağışlı döneme ait Sb konsantrasyonlarının dağılımı



**Şekil 3.5.** A. Kurak döneme ait Pb konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Pb konsantrasyonlarının dağılımı.



**Şekil 3.6.** A. Kurak döneme ait Zn konsantrasyonlarının dağılımı B. Yağışlı döneme ait Zn konsantrasyonlarının dağılımı

### 3.4. Su Kalitesi Sınıflandırılması

Yağış sonrası süzülen yeraltıları, beslenme bölgesinden boşalım bölgesine kadar jeokimyasal süreçlerinin etkinliği farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri kazanmaktadır. Süzülen sular yeraltında, temas ettiği mineralleri ve kayaçları çözmeye başlamaktadır. Su içerisindeki minerallerin tamamen tükenmesi veya denge

konsantrasyonlarına erişilinceye kadar çözünme devam etmektedir. Yeraltısularının kimyasal tepkimesi, akiferlerin geçtikleri suların kimyasal ve mineralojik özelliklerine, akiferlerde suyun akış koşullarına, hızına, ve kalış süresine bağlıdır (Freeze ve Cherry, 1979; Appelo ve Postma, 1993; Andreo ve Carrasco, 1999). Su kalitesinin belirlenmesine yönelik değerlendirmeler inceleme alanlarındaki yağışlı ve kurak dönemlerde yapılmış kimyasal parametre sonuçları da açıklık getirir. .

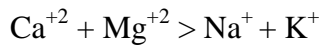
Çalışma alanındaki suların kalite sınıflanmasını yapabilmek için örneklerin analiz sonuçları AquaChem 3.70 programı yardımıyla aşağıdaki diyagramlar hazırlanarak değerlendirilmiştir.

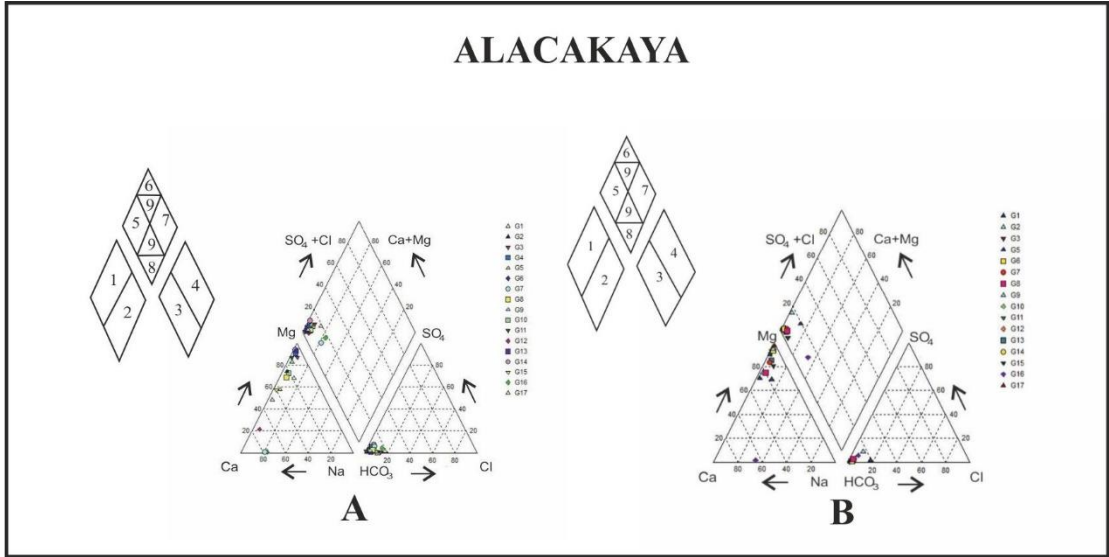
### 3.4.1. Piper diyagramı

Piper (1944) diyagramında iyonların % miliekivalen değerleri katyon ve anyon üçgenlerine işaretlenir. Katyon ve anyon noktaları eş kenar dörtgene taşınarak suyun sınıfı belirlenir. İnceleme alanındaki su numunelerinin anyon ve katyonlarına ait % miliekivalen değerleri yardımı ile her iki döneme ait Piper diyagramı çizilmiştir (Şekil 3.7 ve 3.8).

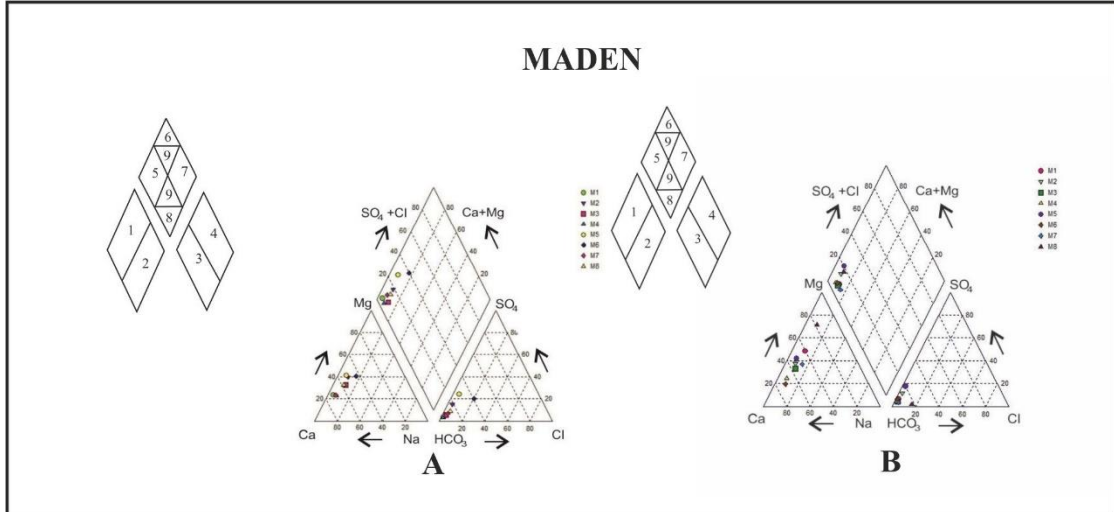
Alacakaya ve Maden bölgelerinde her iki döneme ait diyagramlarda numunelerin tamamına yakını 1.,3. ve 5. bölgeye düşmektedir (Şekil 3.7 ve 3.8). Buna göre çalışma alanındaki sular;  $Ca+Mg > Na+K$  karbonatlı ve sülfatlı sular,  $HCO_3+CO_3 > Cl+SO_4$  (zayıf asit kökleri>güçlü asit kökleri) ve karbonat sertliği>karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfındadır. Böyle sular  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$ 'lı sular olup karbonat sertliği ise %50 den fazladır.

Bölgeye düşen sular karbonatlı ve sülfatlı olup, toprak alkali oranı alkalilerden fazladır.



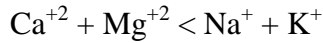


Şekil 3.7. A. Kurak döneme ait Piper diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Piper diyagramı.



Şekil 3.8. A. Kurak döneme ait Piper diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Piper diyagramı.

Bölge sularının özellikleri: Bu bölge sularında alkaliler toprak alkalilerden fazla olup, bu sular tuzlu ve sodalı sulardır.



3. Bölge sularının özellikleri: Bu bölgede zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazla olup,  $\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-2} > \text{Cl} + \text{SO}_4^{-2}$ 'dir.

4. Bölge sularının özellikleri: Kuvvetli asitler zayıf asitlerden fazla olup,  $\text{Cl} + \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl} + \text{SO}_4^{-2}$ 'tir.

5. Bölge sularının özellikleri: Karbonat sertliği % 50'den fazladır. Yani karbonat sertliği karbonat olmayan sertlikten büyüktür. Bunlar  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$ 'lü sulardır.

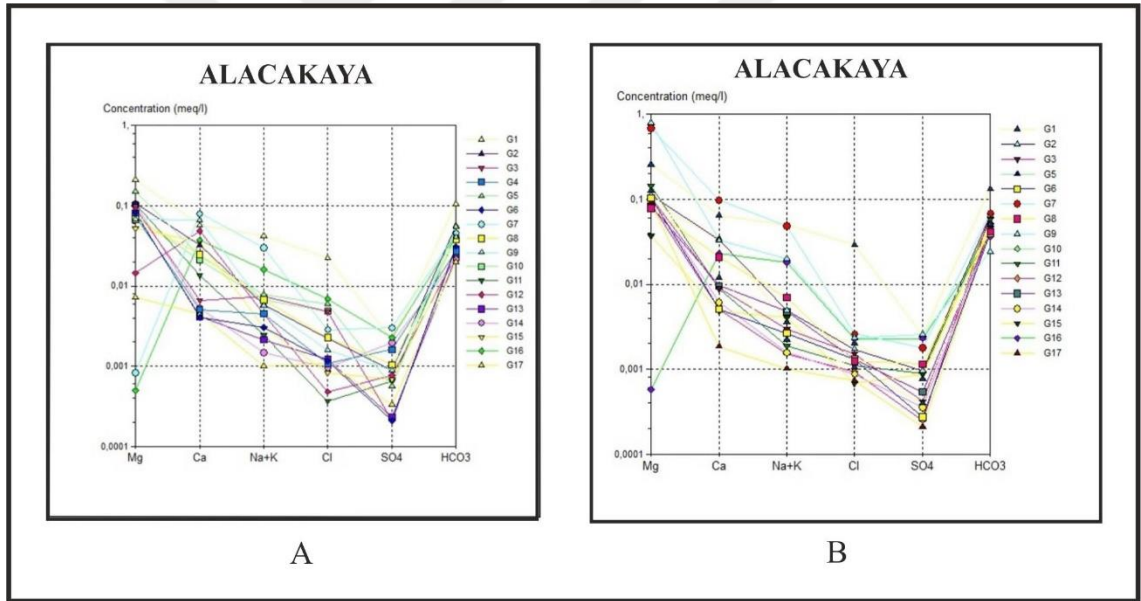
6. Bölge sularının özellikleri: Karbonat sertliği %50'den fazladır. Karbonat sertliğinden büyüktür. Bunlar  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{Mg SO}_4$ 'lı sulardır.

7. Bölge sularının özellikleri: Bu bölgede karbonatlı olmayan alkaliler % 5'den fazladır. Yani karbonatlı alkalilerden büyüktür. Bunlar  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaSO}_4$  ve  $\text{KCl}$ 'lü sulardır.

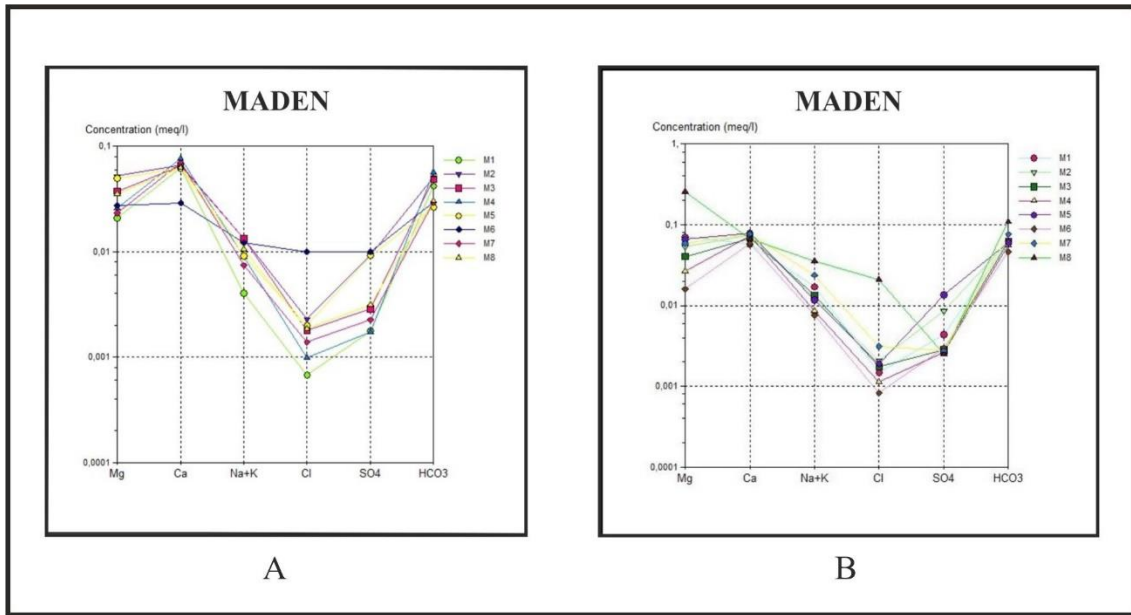
8. Bölge sularının özellikleri: Karbonatlı alkaliler %50'den fazladır yani karbonat olmayan alkalilerden büyüktür. Bunlar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 'lı sulardır.

### 3.4.2. Schoeller diyagramı

Bu yöntem de yer bilimciler ana anyon ve katyonların kullanımını tercih etmektedirler. İncelenen suların bu diyagramlarda, farklı kökenli olup olmadığı ve muhtemelen ne tür formasyonlarla ilişkili olduğu konularınada yaklaşım sağlaması amacıyla kurak ve yağışlı dönemlere ait Schoeller diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.9. A. Kurak döneme ait Schoeller diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Schoeller diyagramı.



Şekil 3.10. A. Kurak döneme ait Schoeller diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Schoeller diyagramı.

Yağışlı ve kurak dönemlerde yapılan analiz sonuçlarına göre Schoeller diyagramında dönemsel iyon aralıklarının neredeyse hiç değişmediği görülmektedir (Şekil 3.9 ve 3.10). Buna göre, suların aynı kökenden beslendiği görülmektedir. Schoeller diyagramında elde edilen grafiklere göre suların dönemsel olarak tipleri Tablo 3.6. verilmiştir. Buradan kurak döneme göre yağışlı dönemde G6, G7, G9, G11, G12, G15, G17, M1, M7, M8 nolu örneklerde su tiplerinin değiştiği görülmektedir.

### 3.4.3. Wilcox diyagramı

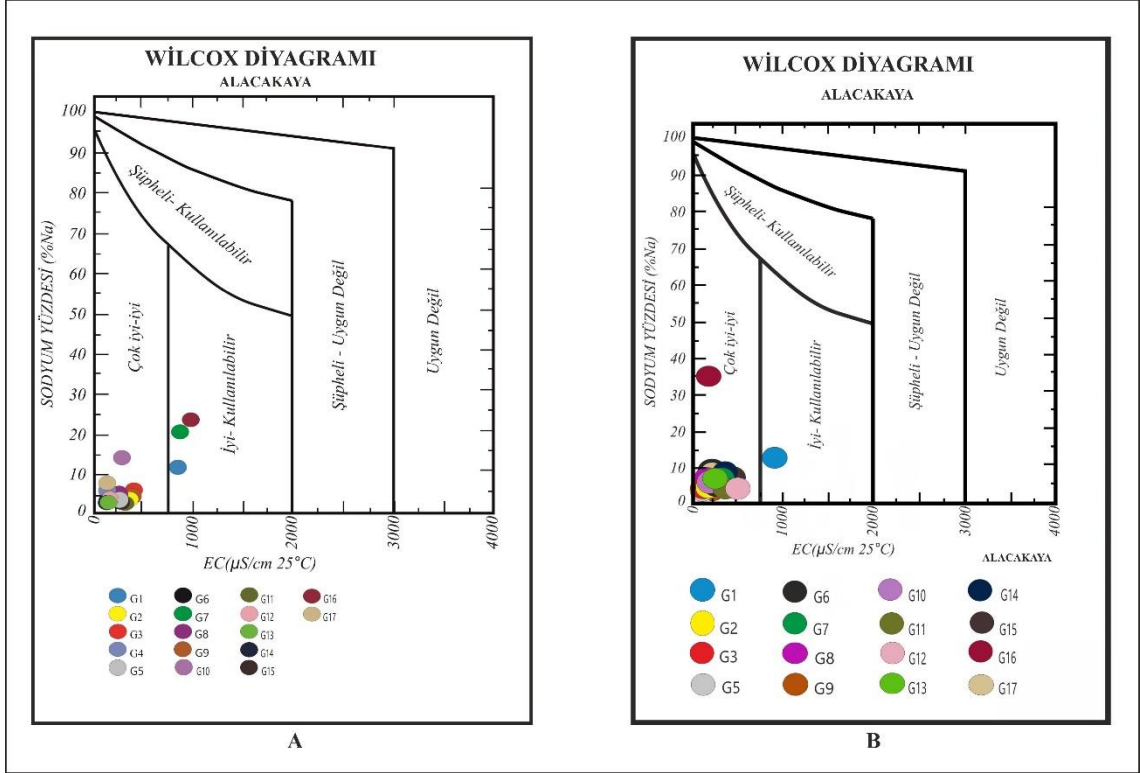
Wilcox (1955) suların sulama amaçlı kullanımının uygun olup olmadıklarını belirleyip elektrik iletkenlik (EC) ve (%Na) değerleri bu diyagram üzerine düşürülüp yorumlanmaktadır. (%Na) değerleri aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır.

$$\%Na = [(Na+K) / (Na+K+Ca+Mg)] \times 100$$

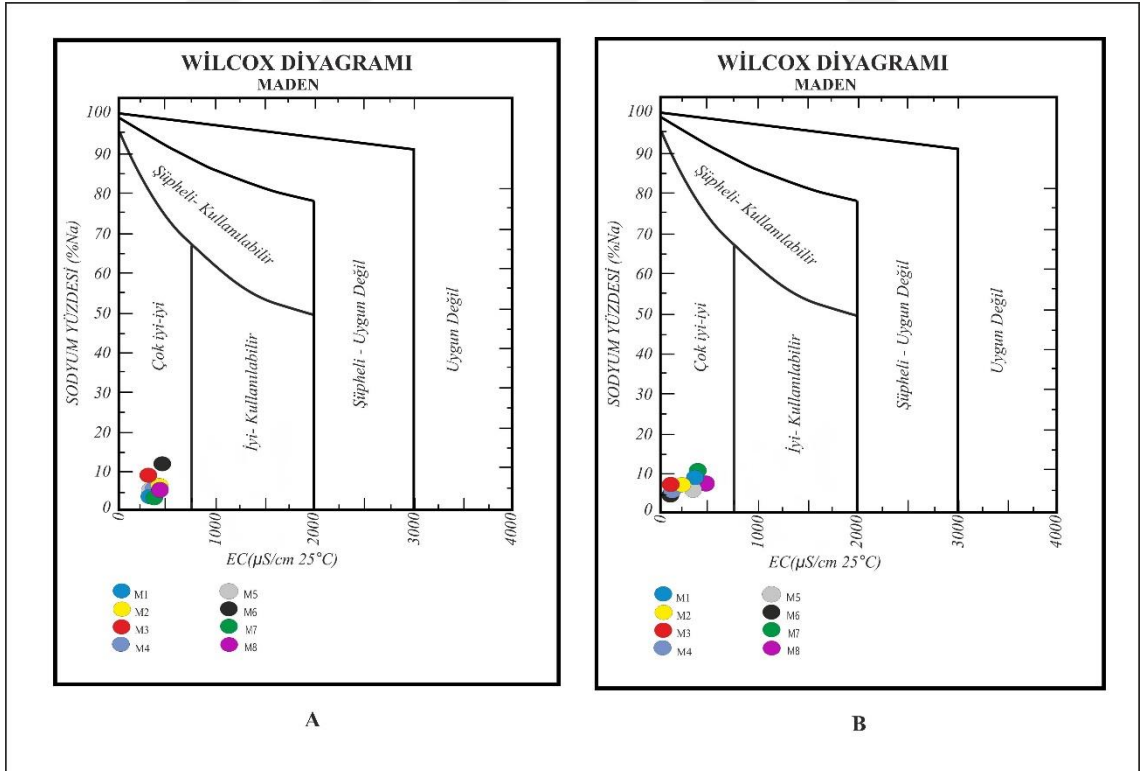
Suların analiz sonuçlarından sodyum yüzdeleri (% Na) ve EC değerleri Wilcox diyagramına taşınarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Wilcox diyagramında sulama suları, çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir, şüpheli kullanılabilir, şüpheli-kullanılmaz ve sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılır. Alacakaya ve Maden Wilcox diyagramlarındaki dağılımlara göre sulama suyu bakımından değerlendirildiğinde; çok iyi-iyi ve iyi kullanılabilir durumda olduğu görülmektedir (Şekil 3.11 ve 3.12).

Tablo 3.6. Örneklerin dönemlere göre su tipleri

Sıra No	Örnek No	Örnek Türü	Kurak periyot	Yağışlı periyot
			Su Tipi	Su Tipi
1	G1	Yüzey suyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
2	G2	Yüzey suyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
3	G3	Yüzey suyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
4	G4	Yüzey suyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	-
5	G5	Yüzey suyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
6	G6	Yüzey suyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
7	G7	Yüzey suyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca
8	G8	Yüzey suyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
9	G9	Yeraltısuyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg
10	G10	Yüzey suyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
11	G11	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
12	G12	Yeraltısuyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
13	G13	Yeraltısuyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
14	G14	Yeraltısuyu	Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
15	G15	Yeraltısuyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
16	G16	Yeraltısuyu	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>
17	G17	Yeraltısuyu	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>	Mg-HCO <sub>3</sub>
18	M1	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
19	M2	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
20	M3	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
21	M4	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
22	M5	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
23	M6	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
24	M7	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
25	M8	Yüzey suyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>



Şekil 3.11. A. Kurak döneme ait Wilcox diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Wilcox diyagramı

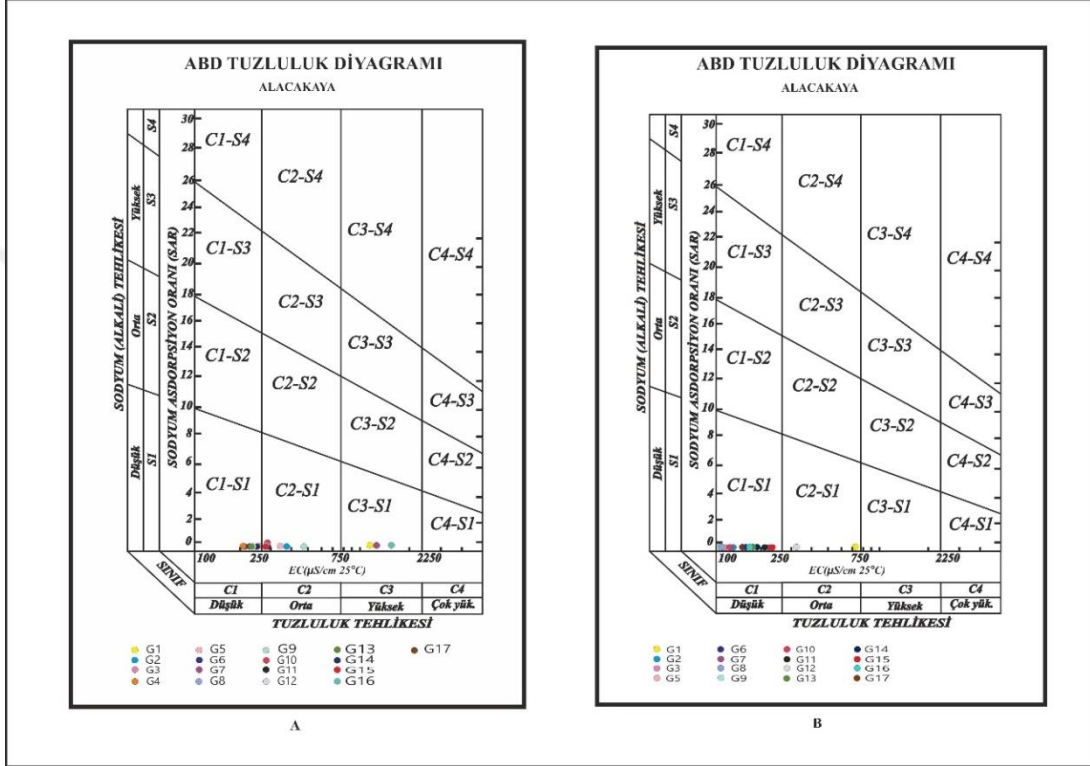


Şekil 3.12. A. Kurak döneme ait Wilcox diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Wilcox diyagramı.

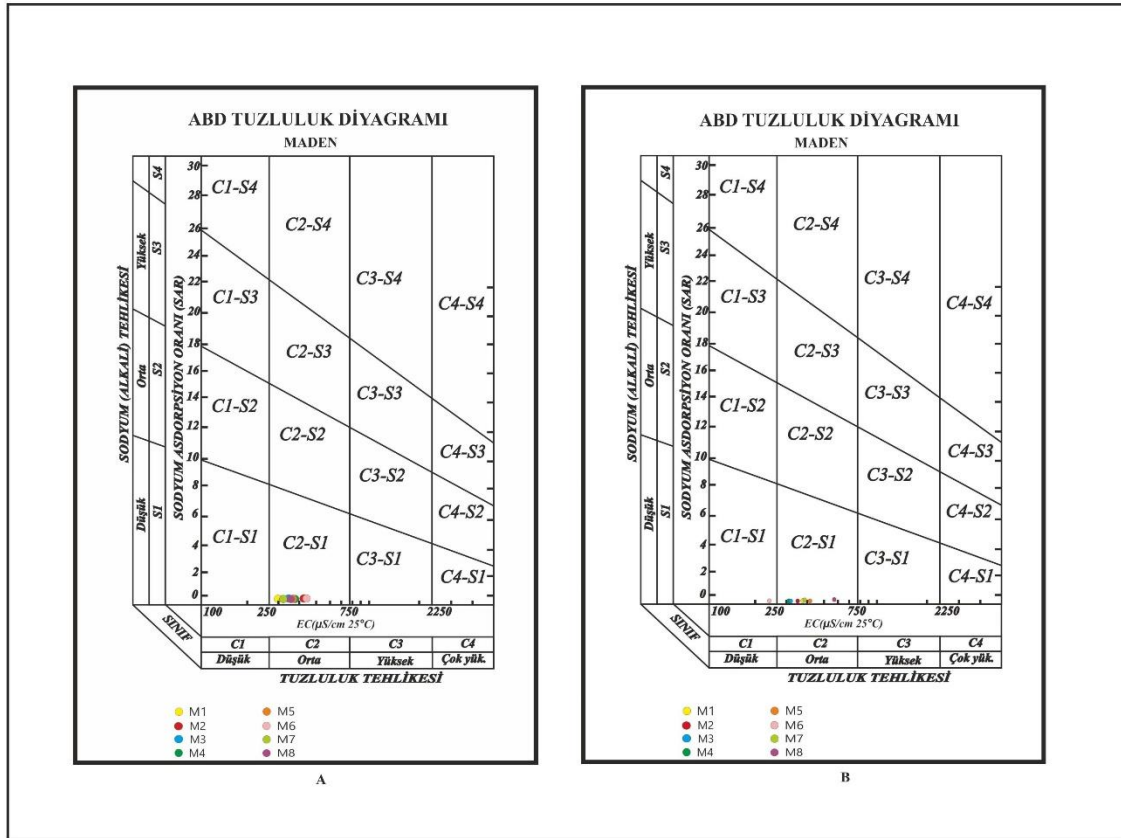


### 3.4.4. ABD tuzluluk diyagramı

Bu diyagramda yatay eksen suyun elektriksel iletkenliği (EC;  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) değeri ve dikey eksen sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değeri işaretlenir. Kesim noktalarının keşiştiği yer sulama suyu sınıfını verir. İnceleme alanındaki su örneklerinde kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramları şekil 3.13 ve 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.13. A. Kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. B. Yağışlı döneme ait ABD tuzluluk diyagramı.



**Şekil 3.14.** A. Kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramı. B. Yağışlı döneme ait ABD tuzluluk diyagramı.

Yağışlı ve kurak dönemlere ait ABD tuzluluk diyagramlarından; su örneklerinin mevsimsel değişimden fazla etkilenmediği belirlenmiştir. Diyagramlardaki örneklerin dağılımlarına göre suların yoğunlukla C1S1 ve C2S1 alanlarına düştüğü görülmektedir (Şekil 3.14). Buda az ve orta tuzlulukta ve az sodyumlu su olduğunu göstermektedir. Bu özellikteki sular orta derecede tuza ihtiyaç gösteren ve sodyuma karşı duraylı olan bitkilerin dışında her su türlü tarım için kullanılabilir. Bu özellikteki sular orta derecede tuza ihtiyaç gösteren ve sodyuma karşı duraylı olan bitkilerin dışında her su türlü tarım için kullanılabilir.

C1: Az tuzlu su S1: Az sodyumlu su

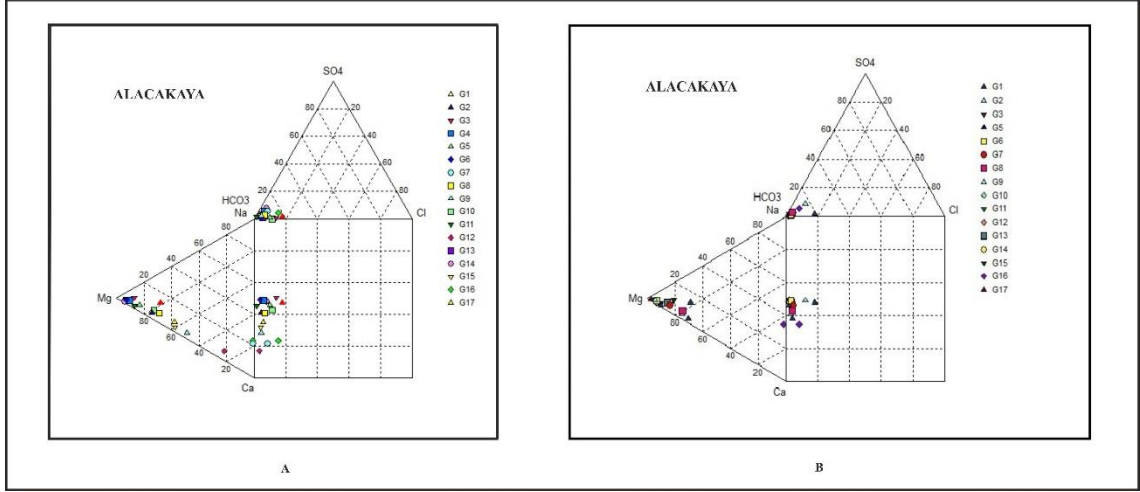
C2: Orta tuzlu su S2: Orta sodyumlu su

C3: Yüksek tuzlu su S3: Yüksek sodyumlu su

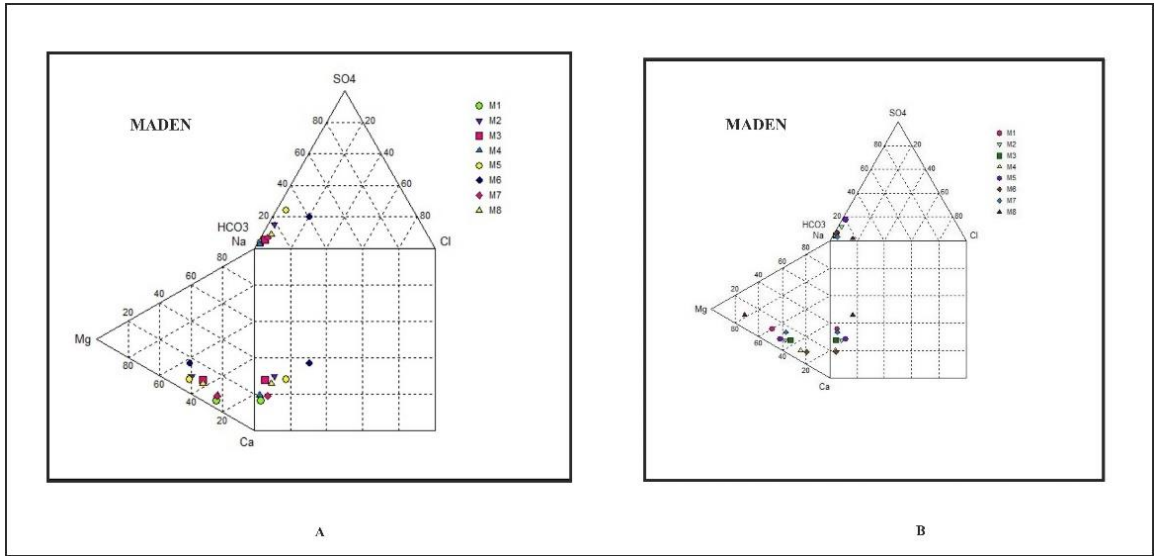
C4: Çok yüksek tuzlu su S4: Çok yüksek sodyumlu

### 3.4.5. Durov diyagramı

Durov (1948) diyagramlarında, suların ana iyonlarının yanında EC ve pH özellikleri de göz önünde bulundurulmaktadır. İnceleme alanına ait örneklerin Durov diyagramı üzerinde yaklaşık olarak aynı bölgelerde toplanmaları suların aynı alanlardan beslendiğini gösterir.



Şekil 3.15. A. Kurak döneme ait Durov diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Durov diyagramı.



Şekil 3.16. A. Kurak döneme ait Durov diyagramı. B. Yağışlı döneme ait Durov diyagramı.

### 3.5. Sulardaki İz Elementler ve Alansal Dağılımları

İnceleme alanlarındaki söz konusu maden yatakları ve yakın çevresinden başlanarak farklı nitelikteki su örnekleri derlenerek Kanada'daki ACME laboratuvarında 2C Full Suite analiz grubunda analizleri yaptırılmış ve sonuçları tablo halinde Tablo 3.7 ve 3.8'te verilmiştir. Bu noktalardan Eylül - 2016 ve Mayıs - 2017 tarihlerinde yapılan örneklemelemlerle kurak (Tablo 3.7) ve yağışlı (Tablo 3.8) dönemdeki suların iz element konsantrasyonlarındaki değişimler belirlenmeye çalışılmıştır.





#### 4. SULARIN HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölgedeki köyler mevcut yüzey veya yeraltı suyu kaynaklarından çeşitli ihtiyaçlar için yararlanmaktadır. Bu nedenle inceleme alanındaki suların insani tüketim maksatlı kullanımı göz önünde bulundurularak, alınan su örneklerinin analiz sonuçları TSE (2005) ve EPA (2009) standartlarına göre irdelenmiştir. Özellikle halk sağlığı açısından riskli olan «kabul edilebilir maksimum kirlilik değerini (MCL)» aşan sular tespit edilmeye çalışılmıştır (Tablo 4.1 ve 4.2).

**Tablo 4.1.** Kurak döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Al	As	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn	Ca	Na	K	Mg
EPA		0,2	0,01	1,3	-	0,015	0,006	5	-	-	-	-
TSE 266	MCL mg/lt	0,2	0,01	2	0,02	0,01	0,005	-	-	200	-	-
1	G1	0,066	0,0008	0,0082	0,0054	0,0026	0	0,0603	46,36	21,85	1,17	61,73
2	G2	0,081	0	0,0052	0,0073	0,0041	0	0,0191	25,76	3,01	0,32	31,5
3	G3	0,033	0	0,0028	0,0093	0,0361	0,00006	0,0117	5,34	3,84	0,41	27,15
4	G4	6,411	0,0034	0,012	0,4948	0,0044	0	0,0319	4,1	1,49	2,62	21,52
5	G5	0,556	0	0,0023	0,1003	0,001	0	0,007	18,73	3,99	0,36	44,13
6	G6	0,031	0	0,0008	0,0099	0,0004	0	0,0041	3,27	1,19	1,31	23,87
7	G7	2,411	0,001	0,0032	0,0369	0,0021	0,0002	0,0077	63,72	11,34	12,92	0,25
8	G8	1,088	0,0011	0,0026	0,0385	0,0024	0,0008	0,0082	19,91	3,28	0,89	19,9
9	G9	0,005	0,0013	0,0004	0	0	0,00006	0,0032	53,63	2,88	0,37	19,89
10	G10	0,2	0,0005	0,0011	0,0071	0,0003	0	0,0052	16,84	3,31	0,8	21,25
11	G11	0,017	0	0,0007	0,0032	0,0002	0	0,0025	10,79	1,21	0,28	30,36
12	G12	0,007	0	0,001	0,0005	0,0009	0	0,0035	38,92	2,102	0,8	4,21
13	G13	0,001	0	0,0002	0,0004	0	0	0	3,33	0,97	0,5	23,63
14	G14	0,004	0	0,0137	0,015	0,0013	0	0,0176	4,28	0,68	0,32	30,74
15	G15	0,003	0	0,0002	0,0004	0	0	0	28,44	1,43	0,5	15,08
16	G16	1,073	0	0,0011	0,0028	0,0007	0,00013	0,0032	29,7	5,87	7,65	0,15
17	G17	0	0	0,0003	0,0004	0	0	0,0067	3,69	0,41	0,41	21,3
18	M1	0,052	0	0,0024	0	0,0653	0	0,0057	50,13	2,03	0,32	6,08
19	M2	0,196	0,0006	0,5927	0,0201	0,0018	0,00009	0,1179	53,34	6,84	0,62	15,23
20	M3	0,013	0	0,003	0	0,0006	0,00005	0,0029	51,88	6,91	0,5	10,95
21	M4	0,011	0	0,0022	0	0,0094	0,00014	0,0044	61,77	4,65	0,35	7,53
22	M5	0	0	0,1097	0,0057	0,0191	0,00013	0,0328	49,36	4,73	0,34	14,46
23	M6	0	0	0,3303	0,0145	0,021	0,00008	0,0786	23,38	5,95	1,49	8,07
24	M7	0,012	0	0,0027	0,0012	0,0138	0,00014	0,0107	55,98	3,76	0,5	6,82
25	M8	0	0	0,0005	0	0	0	0	50,32	5,44	0,38	10,29

**Tablo 4.2.** Yağışlı döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Al	As	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn	Ca	Na	K	Mg
EPA	MCL mg/lt	0,2	0,01	1,3	-	0,015	0,006	5	-	-	-	-
TS-266		0,2	0,01	2	0,02	0,01	0,005	-	-	200	-	-
1	G1	0,056	0,0009	0,0009	0,0068	0,0019	0,00005	0,003	52,09	25,88	0,78	74,42
2	G2	0,178	0	0,0012	0,0029	0,0073	0,00012	0,0086	26,46	2,5	0,68	32,97
3	G3	0,012	0	0,0003	0,0119	0	0,00016	0	7,23	1,05	1,7	30,78
5	G5	1,225	0	0,0037	0,3732	0,0023	0,00019	0,0243	9,67	0,91	1,08	36,74
6	G6	0,068	0	0,104	0,02	0,0336	0,0015	0,1249	4,11	1,27	0,4	30,35
7	G7	1,223	0,0007	0,0024	0,0228	0,0005	0,00011	0,0056	78,3	18,58	20,73	0,2
8	G8	1,698	0,0005	0,0028	0,0909	0,0005	0,00018	0,0054	16,73	3	2	23,03
9	G9	1,44	0,0009	0,0018	0,0346	0,0004	0,0006	0,0058	26,13	7,07	10	0,23
10	G10	1,106	0	0,0024	0,0361	0,0009	0,00005	0,005	27,55	1,89	0,00	26,49
11	G11	0	0	0,0003	0,0002	0	0	0	7,07	1,01	0,00	42,03
12	G12	0,005	0	0,0009	0,0246	0	0,00007	0,0011	4,07	0,81	0,00	25,8
13	G13	0,005	0	0,0003	0,0004	0	0	0,0029	7,67	2,52	0,00	24,36
14	G14	0,007	0	0,0019	0,0014	0	0	0,0026	4,92	0,84	0,00	30,19
15	G15	0,026	0	0,0007	0,0005	0,0118	0,00011	0,0053	39,87	2,16	0,00	10,77
16	G16	0,099	0	0,0004	0,0012	0	0,00016	0,0012	18,39	6,3	9,56	0,175
17	G17	0,011	0	0,0005	0,0004	0,0002	0	0,0028	1,48	0,42	0,36	26,78
18	M1	0,065	0	0,0039	0,0038	0	0,00006	0,0013	46,29	8,73	0,79	20,58
19	M2	0,356	0	0,3759	0,0146	0,0011	0,00013	0,0689	60,63	6,31	0,58	15,47
20	M3	0,274	0	0,0015	0,0017	0,0007	0,00005	0,0013	54,93	6,93	0,48	11,8
21	M4	0,012	0,004	0,0007	0	0,0104	0,00017	0,0034	59,15	4,44	0,29	7,8
22	M5	0,044	0	0,0451	0,0085	0,0153	0,00035	0,0227	63,47	5,97	0,55	19,21
23	M6	0,018	0	0,0018	0,0006	0,0087	0,00007	0,0045	46,91	3,98	0,00	4,65
24	M7	0	0	0,0012	0	0,0043	0,00009	0,0052	62,14	12,56	0,00	17,21
25	M8	0,02	0,0005	0,0031	0,0026	0,0049	0,0001	0,0872	52,77	18,92	0,00	75,04

Analiz sonuçlarına göre örneklerde ;

**As, Ca, Cu, K, Mg, Na, Sb ve Zn** halk sağlığı açısından limit değerlerin altında konsantrasyona sahiptir.

Ancak **Al, Ni ve Pb** nin bazı örneklerde TS-266 ve/veya EPA standartlarına göre limit değerleri aştığı belirlenmiştir. Bunlar kurak dönemde;

**Al;** G4, G5, G7, G8, G10 ve G16 nolu örneklerde (TS-266 ve EPA)

**Ni;** G4, G5, G7, G8 ve M2 nolu örneklerde (TS-266)

**Pb;** G3, M1, M5, M6 (TS-266 ve EPA) ve M7 (TS-266)

**Yağışlı dönemde ;**

**Al;** G2, G5, G7, G8, G9, G10, M2 ve M3 nolu örneklerde (TS-266 ve EPA)

**Ni;** G2, G5, G9, G10, G12 ve M2 nolu örneklerde (TS-266)

**Pb;** G15, M2, M4, M5, M6, M7, M8 (TS-266 ve EPA) ve M7 (TS-266)

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. İnceleme alanındaki alınan su noktalarında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve bu fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları kullanılarak hidrojeokimyasal açıdan değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen analiz sonuçlarına göre grafiksel yorumlamalar yapılmış, sonuçlar hem sulama suyu hem de içme suyu kriterleri açısından ilgili yönetmelik ve standartlarla karşılaştırılmıştır.

2. Kurak-2016 ve Yağışlı-2017 dönemlerinde İnceleme alanındaki alınan su noktalarında toplamda 49 adet su numunesinin analiz sonuçları ile Schoeller, Wilcox, Piper, ABD tuzluluk, Durov ve Dairesel diyagramları hazırlanarak su kalitesi bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. Alacakaya ve Maden bölgelerinde her iki döneme ait diyagramlarda numunelerin tamamına yakını 1., 3. ve 5. bölgeye düşmektedir (Şekil 3.13 ve 3.14). Buna göre çalışma alanındaki sular;  $Ca+Mg > Na+K$  karbonatlı ve sülfatlı sular,  $HCO_3+CO_3 > Cl+SO_4$  (zayıf asit kökleri > güçlü asit kökleri) ve karbonat sertliği > karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfındadır. Böyle sular  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$ 'lı sular olup karbonat sertliği ise %50 den fazladır.

4. Sulama amaçlı olarak ABD tuzluluk diyagramında yapılan değerlendirmelerle örnekler çoğunlukla C1S1 ve C2S1 alanlarına düştüğü görülmektedir (Şekil 3.19 ve 3.20). Buda az ve orta tuzlulukta ve az sodyumlu su olduğunu göstermektedir. Bu özellikteki sular orta derecede tuza ihtiyaç gösteren ve sodyuma karşı duraylı olan bitkilerin dışında her su türlü tarım için kullanılabilir bölgesine düşmektedir. Wilcox diyagramına göre de suların çok iyi-iyi kullanılabilir nitelikte olduğu belirlenmiştir.

5. Bölgedeki yüzey ve yeraltı suyu jeolojik yapıdan kaynaklanan elementel zenginleşme ile karşı karşıya olduğu belirlenmiştir.

6. Maden bölgesinden alınan su örneklerinde Cu, Pb ve Zn konsantrasyonları fazla; Alacakaya bölgesinde ise Al, As, Ni ve Mg konsantrasyonu daha fazla olduğu belirlenmiştir.

7. İnceleme alanından alınan su örneklerinin analizlerinden TSE (2005) ve EPA (2009) içme suyu standartlarına göre As, Ca, Cu, K, Mg, Na, Sb ve Zn konsantrasyonlarının örneklerde kabul edilebilir sınırı aşmadığı dolayısıyla halk sağlığı için risk taşımadığı belirlenmiştir.



8. Al, Ni ve Pb nin bazı örneklerde halk sağlığı açısından risk taşıdığı belirlenmiştir. Bu elementler bakımından yöredeki yeraltı ve yüzey suları ile bitki ve topraklardan yararlanan tüm canlıların maden yataklarına olan uzaklığına göre risk altında olduğu söylenebilir.

Yukarıda ortaya konulan sonuçlar neticesinde aşağıda verilmiş olan önerilerin dikkate alınması gerekmektedir:

- 1- Maden sahasından çıkan yeraltı ya da yüzeysel suların kaynağı belirlenmeli
- 2- Maden sahasından kaynaklanan sızıntı sularının Maden çayına girdiği noktalar belirlenmeli
- 3- Maden sahası ile ilgili olarak jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar yapılmalı
- 4- Sızıntı suları toplanarak uygun arıtma yöntemleri seçilerek arıtılmalı ve deşarj edilmeli
- 5- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (SKKY) belirtilen deşarj standartlarına uyulmalı,

Yukarıdaki maddeler dışında Maden çayının su kalitesini bozacak kirleticiler varsa tespit edilmeli ve uzaklaştırılmalı ya da en aza indirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Akgiray, Ö. (2003). İçme suyu ve su arıtımı. Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları, 22 Mart Dünya Su Günü paneli, Zekai Şen, Sevinç Sırdaş (Editör), Bildiriler, 62-75, İstanbul.
- Akgül, M. 1991. Baskil (Elazığ) Granotoidinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri. Yerbilimleri Geosound, 18, 67-78.
- Aktaş, G. Robertson AHF (1985). The Maden complex, SE Turkey; evolution of a Neotethyan active margin. In: Dixon JH, Robertson AHF (eds) The geological evolution of the eastern Mediterranean. Geol soc spec publ lond 17:375-402
- Aktaş, G. and Robertson, A. H. Y. 1990. Tectonic Evolution of the Tethys Suture zone in SE Turkey:
- Anonim, 2011a, <http://www.neredenereye.com>. Türkiye Ulaşım ve Turizm Rehberi, Erişim tarihi: 26.10.2011.
- Evidence From the petrology and Geochemistry of Late Cretaceous and Middle Eocene Extrusives. Ophiolites and Oceanic Litosphere, Eds., J. Malpas, et al, Nicosia, Cyprus.
- Amarasinghe, BMWPK., Williams, RA. 2007. Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater. *Chem. Eng. J.*, 132: 299–309.
- Andreo, B. ve Carrasco, F. (1999). Application of geochemistry and radioactivity in the hydrogeological investigation of carbonate aquifers (SierrasBlanca and Mijas, southern Spain. *Applied Geochemistry*, 14, 283-299.
- Appelo, C. A. J. Ve Postma, D. (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. A. A.Balkema, Rotterdam.
- Asutay, H. J. 1987. Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Mağmatitlerinin Petrolojisi. *MTA Derg.*, 107, 49-72.
- Aquchem, (2017), Schlumberg Water Services (SWS).
- Back, W. (1966). Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic coastel plain. *U.S. Geol. Surv. Profess. Papers* 488-A, 1-42.
- Bingöl, A. F. 1986. Petrographic and Petrologique Characteristic of Intrusive Rocks of Guleman Ophiolite (Eastern Taurus-Turkey). *Geosound*, 13/14, 41-57.
- Çelik. S. (2003). Maden (Elazığ) Anayatağın mineralojisi ve jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniv. Fen Bil. Enst. 93s. (Yayınlanmamış).
- Durov (1948), S.a., 1948, natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions: *Akademiya Nauk SSSR Doklady*, 59, 87-90.

- EC, 2007, Drinking Water Regulations: ISBN 1-4064-1295-3.
- EPA, 2002, Toxicological Review of Phenol: 213, EPA 635-R-02-006.
- EPA, 2009, National Primary Drinking Water Regulations: EPA 816-F-09-004.
- Erdoğan, B. 1982. Ergani-Maden Yöresindeki Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağının Jeolojisi ve Volkanik Kayaları. Türk. Jeol. Kur., 25, 49-59.
- Erdoğan, M., (2013). Burdur - Ağlasun havzasının hidrojeoloji incelemesi
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. (1987). Yer altı Suları Jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Feth, J. H., Roberson, E. ve Polzer, W. L. (1964). Sources of mineral constituents in water from granitic rocks Sierra Nevada, California and Nevada. U. S. Geol. S. Survey Water Supply Paper, 1535-I, 1-70.
- Foster, M. D. (1950). The origin of high sodium bicarbonate waters in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. Geochim. Cosmochim. Acta, 1, 33-48.
- Freeze, A. R. and Cherry A. J. (1979). Groundwater by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632 London UK.
- Garrels, R. M. (1967). Genesis of ground waters from igneous rocks. In: Researches in geochemistry, vol. II (P. H. Abelson, ed.). New York, John Wiley.
- Hem, D.J., 1971, Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water: 363, USA.
- Hempton, M. R. 1984. "Result of Detailed Mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains)" In O. Tekeli and C. Göncüoğlu (Eds.), Geology of the Taurus Belt. Proceedins International Symposium, MTA, Ankara, 223-228.
- Hempton, M. R. 1985. Structure and Deformation History of the Bitlis Suture near Lake Hazar, Southern Turkey., Geol. Soc. Amer. Bull. , 96, 233- 243.
- Herece, E. ve Akay, E. 1992. Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı. Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 361-372.
- Hounslow, A. W. (1995). Water Quality Data Analysis and interpretation, Lewis Publishers, Boca Raton, New York.
- Kalender. L., Kırbağ. S., Bölüce. C., Kırat. G., Turan. D., (2010), Sülfat İndirgeyici Bakteri Deneylerinin Asidik Maden Drenajlarına Etkisi: Maden Bakır Yatağı Örneği, Elazığ Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi 22 (2), 197-204.
- Kaya. A., (2004), Gezin (Maden-Elazığ) Çevresinin Jeolojisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt; 10 c. 41-50

- Kırat G, ve Bölücek. C., (2010), Maden (Elazığ) Çevresinde Dere Sedimentlerindeki Metal Dağılımına Çözünmenin Etkisi, Fırat Univ. Journal of Engineering, 147-155.
- Maden Tetkik ve Arama (2002), Geological Map of Turkey, 1:500.000, Maden Tektik ve Arama Genel Müdürlüğü. Ankara: General Directorate of Mineral Research and Exploration.
- MGM, 2016, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr>, Ankara.
- Özkan, Y. Z. 1982. Guleman (Elazığ) Ofiyolitinin Jeolojisi ve Petrolojisi. İst. Üniv. Yerbilimleri Derg., 3 (1-2), 295-312.
- Özkaya, İ. 1978. Ergani-Maden Yöresi Stratigrafisi. Türk. Jeol. Kur. Bült., 21, 129-139.
- Perinçek, D. 1979. The geology of Hazro-Korudağ- Çüngüş-Maden- Ergani-Hazar-Elazığ-Malatya Region. Guid book, Geol. Soc. of Turkey, Spec. Publ. 33.
- Piper ,A.M., 1944, A Graphic Procedure İn Geochemical Interpretation Of Water Analyses :American Geophysical Union Transactions,25,914-923
- Schoeller, H., 1962, Les emus Soutenain. es., Massoo et cie, Paris.
- Soyaslan, İ. (2004). Eğirdir Gölü Doğusunun Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltısuyu Modellemesi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 260, Isparta.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988, Çevre ve Orman Bakanlığı, 55 s., Ankara.
- Sungurlu, O. 1974. VI. Bölge Kuzeyinin Jeolojisi ve Petrol İmkanları, Türkiye 2. Petrol Kongr. Tebl., TPJD, 85-107.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H. 1985. Elazığ- Palu Alanının Jeolojisi.T.C. Pet. İşl. Gn. Md. Derg., 29, 83-190.kk
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası: Reform Matbaası, 548 s., İzmir.
- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları, T. J. K. Konferans Serisi, No: 2, 40 s.
- Thornthwaite, C.W., 1948, An Approach Toward a Rational Classification of Climate: Geographical Review, 38/1, 55-94.
- Tonbul, S. 1985. Kuzova Hasandağı ve Çevresinin (Elazığ Batısı) Fiziki Coğrafyası. F.Ü. Sos. Bil. Enst. Yayınlanmamış Doktora Tezi Elazığ.
- Topal, M., Arslan Topal, EI., Aslan, S. 2011. Limon kabuğu kullanarak sulu çözeltilerden bakır (II) giderimi. Erciyes Üniv. Fen Bil. Enst. Derg., 27: 265-270.

- TSE, 1997, Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri Kılavuzu, TS 5090, EN 25667-2, Ankara.
- TSE, 2005, Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular: TS 266, Ankara.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F. 1995. Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri. F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi 7 (2), 177-199.
- Ünlü, A., 1994, Yeraltısuyu Kirliliği ve Kontrolü: Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları Paneli, Fırat Üniversitesi Yayın No: 39, 54-71, Elazığ.
- Wilcox (1955),L.V., 1955, Classification and Use of Irrigation Waters: US Dept.Agric. Circ. 969, 19 p., Washington D.C.
- Wood, W.W., 1976, A Hypothesis of Ion Filtration In A Potable Water Aquifer System: Ground Water, 14, 233-244.
- Yazgan, E. 1983. A geotraverse Between the Arabian Platform and the Munzur Nappes. Geology of the Taurus Belt, Int. Symp. Guide Book for Excursion V., 17, MTA Ankara.
- Yazgan, E. 1984. "Geodynamics Evolution of the Southern Taurides in the Region" In: O. Tekeli and M. C. Göncüoğlu (Eds.), Geology of the Taurus Belt, Int. Symp., Proceedings, 199-208.
- Yılmaz, Y. ve Yıldırım, M. 1996. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Nap Alanının (Metamorfik masiflerin) Jeolojisi ve Evrimi. TÜBİTAK Tr. J. of Earth Sciences, 5, 21-38.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., 1991, Different metamorphic and ophiolitic assemblages in the SE Anatolian orogenic belt: Their tectonic position and geological significance. EUG VI, 24-28 March, Strasbourg, Terra Abstracts, 3, 255.
- Yılmaz, Y. ve Yiğitbaş, E., 1991. GD Anadolu'nun farklı ofiyolitikmetamorfik birlikleri ve bunların jeolojik evrimindeki rolü. Türkiye 8. Petrol kongresi, TPJD, TMMOB Petrol Müh. Odası Bildirileri, 128-140.
- Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., ve Yılmaz, Y., 1993, Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Maden grubunun tektonik konumu ve jeolojik önemi. A. Suat Erk Sempozyumu, 251-264.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Nida KÖKTAN  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ELAZIĞ/MERKEZ 15.01.1989  
**Telefon** : 05070575867  
**Faks** :  
**e-mail** : nidakoktann@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	MEHMET AKİF ERSOY LİSESİ, ELAZIĞ/MERKEZ	2006
Üniversite	FIRAT ÜNİVERSİTESİ, ELAZIĞ	2014

**YABANCI DİLLER:** İngilizce