



**YURTBAŞI (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDEKİ YERALTI
SULARINDA ARSENİK KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem USLU

Anabilim Dalı: Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ

EKİM-2016

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

**YURTBAŞI (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDEKİ YERALTI
SULARINDA ARSENİK KİRLİLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gizem USLU
(142116103)**

Anabilim Dalı: Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ

Tezin Enstitüyü Veriliş Tarihi: 28 Eylül 2016

EKİM-2016

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

**YURTBAŞI (ELAZIĞ) ÇEVRESİNDEKİ YERALTI
SULARINDA ARSENİK KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gizem USLU
(142116103)**

Anabilim Dalı: Jeoloji Anabilim Dalı

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :28 Eylül 2016
Tezin Savunulduğu Tarih :21 Ekim 2016**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Y. Doç. Dr. Özlem ERDEM (Tunceli Üniv.)

Doç. Dr. Dicle BAL AKKOCA (F.Ü.)

Ekim 2016

ÖNSÖZ

“Yurtbaşı (Elazığ) çevresindeki yeraltı sularında arsenik kirliliğinin incelenmesi” konulu bu çalışma Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde 2014-2016 tarihleri arasında yüksek lisans çalışması olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından MF.15.27 nolu proje kapsamında çalışılmıştır. Desteklerinden dolayı Fırat Üniversitesi BAP Birimi çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması sırasında desteklerini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet ŞAŞMAZ’a, sulardaki iyon analizlerimin yapımını gerçekleştiren Kimya Mühendisi Zeynep TUNÇ’a ve yüksek lisans süreci için bana imkan sağlayan değerli patronum Jeoloji Mühendisi Suat NACAR’a teşekkür ederim. Ayrıca, Yüksek lisans yapmam için beni teşvik eden, maddi ve manevi olarak beni destekleyen sevgili aileme de teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada, Elazığ İli Yurtbaşı nahiyesindeki yeraltı sularında arsenik kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda bölgede gözlenen 40 adet sondaj kuyusundan haziran ve ekim aylarında su örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde çok sayıda hem katyon hem de anyon analizleri yaptırılmıştır. Alınan su örneklerinin anyon analizleri Elazığ İl Özel İdaresi Analiz laboratuvarındaki iyon analizöründe, katyon analizleri ise Acme (Kanada) Analiz Laboratuvarı'ndaki ICP-MS'de yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre yöredeki suların sınıflaması yapılmış ve buna göre bölgedeki suların Ca^{+2} ve HCO_3^- 'ca zengin sular olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada yöredeki kuyulara ait suların arsenik kirlilik haritası yapılmış ve bölgenin çok yoğun bir şekilde arsenik kirliliğine maruz kaldığı gözlenmiştir. Bölgedeki kuyuların ortalama 486 ppb, en yüksek ise 15123 ppb arsenik içerdiği saptanmıştır. 40 kuyunun 29'unda WHO standartlarının (10 ppb) üzerinde arsenik değerleri saptanmıştır. Yöredeki arsenik kirliliği, Pliyosen çökelleri tabanında, Elazığ Magmatitleri içerisinde ya derin kökenli bir kırık sistemi ya da Gurbet mezrası sülfürlü cevherleşmeleri benzeri gömülü bir sülfürlü cevherleşmenin kimyasal alterasyon sonucu oluşmuştur. Yöredeki yeraltı suları Piper diyagramı ile sınıflandırılmış ve bu sular Ca ve HCO_3^- 'ca zengin sular olarak tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elazığ, Yurtbaşı, arsenik kirliliği, yeraltı suları,

SUMMARY

Arsenic pollution in the Ground waters around Yurtbaşı, (Elazig)

The main objective of this study is to investigate arsenic contaminations in the ground waters of Yurtbaşı, Elazig Turkey. For that, fourth samples were collected in the study area at Jun and October months of 2015 and measured the temperature, pH, and electric conductivity. These waters were analyzed by ICP-MS for As and other cations and by Ion analyzer in Elazig İl Özel İdaresi Laboratory for anions. According the results, water types in the aquifer were identified by using Piper's (1944) trilinear plotting technique and described as Ca bicarbonate water. These results showed that the groundwater of Yurtbaşı and its surrounding intensely polluted by the arsenic and some metals. The average and highest concentration of As were found 486 and 15123 ppb, respectively, in the study area. Arsenic levels in 29 ground waters of 40 were observed to have higher levels than in permissible levels (10 ppb) of WHO (2011). It is possible that As pollution in this region was related with the movement of hydrothermal solution in deep fault system or as a result of alteration of sulfate deposits in the deep.

Key Words: Elazığ, Yurtbaşı, arsenic pollution, ground water,

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
ÖZET	II
SUMMARY	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VI
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Yöntemi	1
1.2 Coğrafi Konum	1
1.3 Önceki Çalışmalar	2
2. GENEL JEOLojİ	4
2.1 Keban Metamorfizmaları (Permo-Triyas)	4
2.2 Elazığ Magmatitleri (Senoniyen)	6
2.3 Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen)	7
3. YERALTı SUYU JEOKİMYASI	10
4. SONUÇLAR	31
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1	Çalışma alanı jeoloji haritası.....	9
Şekil 3.1	Alınan örnek noktalarını gösteren uydu görüntüsü.....	12
Şekil 3.2	Yurtbaşı çevresindeki kuyulara ait suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (40 örneğin ortalama değerleri alınarak çizilmiştir).	17
Şekil 3.3	Piper diyagramı.	18
Şekil 3.4	Arsenik Dağılım Haritası	25
Şekil 3.5	Bikarbonat Dağılım Haritası	26
Şekil 3.6	Sülfat Dağılım Haritası	27
Şekil 3.7	Klor Dağılım Haritası	28
Şekil 3.8	Flor Dağılım Haritası	29

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	Örnekleme noktalarına ait bilgiler	10
Tablo 3.2.	Toplam sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması	14
Tablo 3.3.	Çalışma alanındaki kuyulara ait suların fiziko kimyasal parametreleri, anyon ve katyon analiz sonuçları	15
Tablo 3.4.	Çalışma alanındaki elementlerin birbirleri ile arasındaki korelasyon	24
Tablo 3.5.	TSE, EU ve WHO tarafından belirlenen içme suyu standart değerleri	30

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Bu çalışma, Elazığ İli Yurtbaşı Beldesindeki yeraltı sularında arsenik kirliliğinin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında çalışma alanında bulunan derin kuyulardan su örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde analizler yapılarak, element ve ağır metal içeriği belirlenmeye çalışılmıştır.

Alınan su örneklerinin anyon analizleri Elazığ İl Özel İdaresi Analiz laboratuvarında, katyon analizleri ise Acme Analiz Laboratuvarı'nda (Kanada) yapılmıştır.

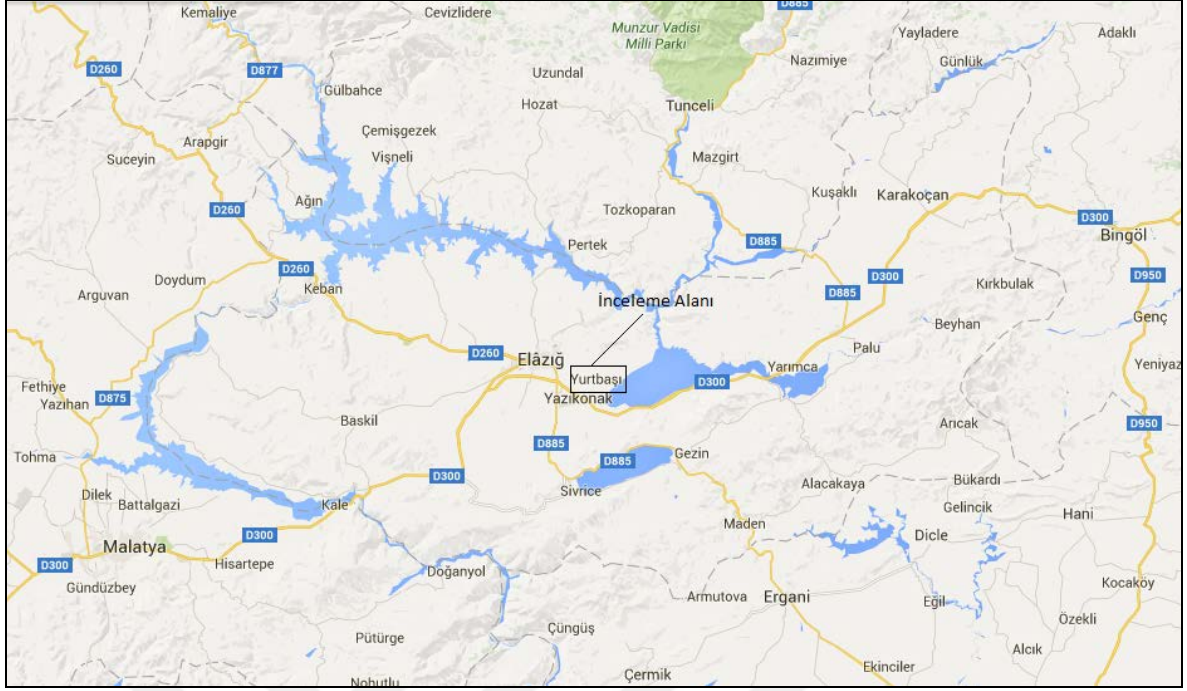
Büro çalışmalarında ise; hem arazi bulguları hem de laboratuvardan elde edilen veriler birlikte değerlendirilerek, çalışma alanındaki yeraltı sularında arsenik içeriği araştırılmaya çalışılmıştır.

1.2. Coğrafik Durum

İnceleme alanı Elazığ ili Yurtbaşı Beldesinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Yurtbaşı Elazığ'a yaklaşık 17 km mesafede yer almaktadır.

K42-c1, K42-c2, K42-c3 ve K42-c4 paftalı haritada bulunmaktadır. Belde Keban Baraj Gölü kıyısında yer alır. Bölgede belli başlı yükseltiler Tosbağapınar Tepe (1126), Kayakayalar Tepe (1211)'dir.

İnceleme alanı olan bölgeler karasal iklime sahip olup bölgede yazlar kurak ve sıcak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Bitki örtüsü bakımından oldukça fakirdir. Bölge halkı daha çok hayvancılık ve tarımla geçimini sağlamaktadır.



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası

1.3. Önceki Çalışmalar

Çetindağ vd. (2004), Uluova çevresinde yer alan akiferlerin hidrokimyasal karakteristikleri ve kirlilik dağılımını araştırmışlardır. Bu çalışmada bölgedeki akiferlerde yüksek oranda gözlenen Na, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve PO_4 kirliliğinin kaynağının, hem aşırı hayvansal-tarımsal gübreleme hem de Hazar Gölü kaynaklı tarımsal sulamalar olduğunu belirtmişlerdir. Bu kaynaklardan üçünün ise PO_4 açısından TSE (226) standartlarına ait değerlerden daha yüksek değerlere sahip olduğunu da vurgulamışlardır.

İnceleme alanında başka herhangi bir hidrojeolojik çalışma yapılmamıştır.

Aksoy vd., (1996; 2005), Elazığ Havzası'nın Tersiyer'deki evrimi üzerine çalışma yapan yazarlar havzanın Geç Kretase sonundan itibaren bölgenin jeotektonik evrimini denetleyen olayların neden olduğu sıkışma ve genişleme rejimlerinin etkisi altında kaldığını belirtmişlerdir. Havzanın temelini Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfikleri ile Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'nin oluşturduğunu ifade eden yazarlar Geç Kretase sonlarında iç Torid Okyanusu'nun kapanmasını izleyen yay-kıta çarpışmasının neden olduğu sıkışma ile metamorfik kayaların kuzeyden güneye, Üst

Kretase yay magmatitleri üzerine itilirken, bölgesel yükselmeye bağılı olarak bölgede karasal ortam koşullarının hüküm sürdüğü saptamasında bulunmuşlardır.

Esen (1997), Çalışma konusu olan Kırkgeçit Formasyonu üç üyeye ayrılarak incelenmiştir. Bunlar, Marik, Seherdağı ve Kalkarenit üyeleridir. Kırkgeçit Formasyonu'nda sekiz adet ölçülü kesit alınarak oniki litofasiyes tanımlanmıştır. Bu litofasiyesler, kanyon, şelf, kanal, yamaç ve havza düzlüğü olmak üzere beş litofasiyes topluluğunu oluşturur. Kanyon litofasiyes topluluğu Sugözü ve Harput kesitlerinde yer almakta ve Marik üyesini oluşturmaktadır. Kanyonun derinliği ortalama 250 m. olup, yanal yayılımı 4 km'ye ulaşmaktadır. Kalkarenit ve teknesi çapraz tabakalı kumtaşları ile temsil edilen şelf litofasiyes topluluğu Safran, Harput, Sugözü ve Hasret dağı kesitinde yamaç litofasiyes topluluğunu üzerlemektedir. Safran kesitinde görülen konglomera mercekleri ise şelflerde zaman zaman gelişen kanallara ait çökellerdir. Hasret Dağı dolaylarında kayma yapıları ve sinsedimenter faylarla temsil edilen Yamaç litofasiyes topluluğu Seherdağı üyesi içerisinde yer alır. Topluluk içerisinde merceksi geometrili tabakalı konglomeralarla temsil edilen kanal fasiyesleri ise yamaç kanallarını temsil eder. Havzanın güney kesimleri derin deniz havza düzlüğü fasiyeslerinden oluşur. Büyük çoğunluğunu yarı pelajik nitelikli çamurtaşlarının oluşturduğu bu topluluk Seherdağı üyesi içerisinde yer alır. Elazığ Havzası'nda Kırkgeçit Formasyonu'nun genel fasiyes dağılımına uyumlu olarak, inceleme alanında da havza, kuzeyden güneye doğru sığ fasiyeslerden derin deniz fasiyeslerine geçmektedir.

2. GENEL JEOLojİ

Çalışma alanında genellikle Elazığ Magmatitleri'ne ait birimler gözlenmekle birlikte, çalışma alanı yakın çevresinde Keban Metamorfitlei, Kırkgeçit Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı birimler yüzeylemektedir. İnceleme alanı, Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde, Elazığ'ın güneydoğu kesimlerinde yer almaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde birimler yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanabilir;

- 1- Permo-Triyas yaşlı Keban Metamorfitlei
- 2- Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri
- 3- Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu
- 4- Pliyosen yaşlı çökeller

Çalışma alanında Elazığ Magmatitleri'ne ait birimler gözlenmekte, diğer birimler çalışma alanının yakın çevresinde görülmektedir. Bu bölümde çalışma alanında yayılım gösteren Elazığ Magmatitleri hakkında ayrıntılı bilgiler verilecektir.

2.1. Keban Metamorfitlei (Permo-Triyas)

Birim, ilk defa Özgöl (1976) tarafından Bitlis Masifi ve Keban dolayında yüzeyleyen metamorfitlei Alanya Birliği'nin ayırtman özelliklerini taşıdığından yazar tarafından bu birliğin kapsamına alınmış ve ilk defa Keban Metamorfitlei ismi verilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu isim kullanılmıştır. Bu çalışmada da aynı isim benimsenerek kullanılmıştır. Keban Metamorfitlei; inceleme alanın kuzeybatı ve güneyinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 2.1). Keban Metamorfitlei'nin inceleme alanında ideal istifi görülmemektedir. Akgöl (1987), Keban Metamorfitlei'ni tabandan tavana doğru;

- ✓ Rekristalize kireçtaşları-kalkşist,
- ✓ Mermer,
- ✓ Metakonglomera-kalkfillit

olmak üzere üç formasyona ayırmıştır. Özgöl ve Turşucu (1984)'nın Tunceli-Ovacık ilçesinde yapmış oldukları araştırmalarda da aynı istifi belirlemiştir. Bununla beraber Kipman (1981), rekristalize kireçtaşı-kalkşist formasyonunun mermerler üzerine uyumlu olarak geldiğini, daha sonra mermerlerin rekristalize kireçtaşı-kalkşist

formasyonu üzerine tektonik olarak itilmiş olduğunu belirtmektedir (Akgül, 1987). Keban Metamorfikleri Kaya (2001) tarafından formasyon mertebesinde dört birime ayrılarak incelenmiştir. Stratigrafik olarak birbiri ile uyumlu olan bu formasyonlar yaşlıdan gence doğru sırasıyla; Erken Permian yaşlı Arapgir rekristalize kireçtaşları, Geç Permian yaşlı Nimri Formasyonu, Permo-Triyas yaşlı Keban mermeri ve Geç Triyas yaşlı Delimehmet Formasyonundan oluşmaktadır. Özgül (1976), Özgül ve Turşucu (1984), Keban Metamorfikleri'ni oluşturan kayaların şelf tipi kırıntılı ve karbonat depolanmalarından oluştuklarını belirtmektedirler. Keban yöresinde metapellitlerin yaygın ve ince tabakalı olduğu, metaspinitlerin hemen hemen bulunmadığı, ayrıca metakonglomeraların varlığı, Blatt vd., (1980), kıta yamacı depoları olarak yorumladıkları kayaların özelliklerini göstermektedir. Güncel kıta şelfi ile litolojik benzerliklerden dolayı, karbonatlar şelf tipi depolardır. Çökelme yaşı Permian-Alt Triyas olan bu birimler, Üst Kretase'de metamorfizmaya uğramışlardır (Akgül, 1987).

Keban Metamorfikleri'nin olduğu platform, Erken Permian'den Geç Triyas'a kadar sakin ve sığ denizel bir ortam özelliğindedir. Keban Metamorfikleri'ni oluşturacak olan kalın karbonat çökelimleri bu süreçte çökelmiştir (Kaya, 2001). İnceleme alanında Keban Metamorfiklerine yaş verebilecek fosil bulunmamaktadır. Bu nedenle daha önceki çalışmalarda çeşitli yaşlar verilmiştir. Bu çalışmalar;

Kipman (1976), kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı arakatkılı mikaşist ve kalkışistlerden oluşan bu birimi üyelere ayırmaksızın, kristalize kireçtaşı-kalkışist formasyonu olarak tanımlamış ve tabakalı dolomitik kireçtaşları içinde *Glomospira*, *Ammodiscus* ve *Hemigordius* gibi fosil türlerini tanımladığını belirtmiştir. Bu fosillerden hareketle birime Geç Permian yaşını vermiştir (Kaya, 2001).

Delimehmet Formasyonunda fosil bulunmadığı için yaşı kesin olarak verilememiştir. Ancak, Palu (Elazığ) yakınlarında Delimehmet formasyonu ile çokbenzeşen; kristalize kireçtaşı, mermer, silisleşmiş şeyl, radyolarit, radyolaryalı sileksit, serizit-klorit şist, glokofanşist, metakuvarsit ve metatüfler ile temsil edildiğini belirttiği metasedimanter bir istiftten bahseden Perinçek (1980), bu metamorfikleri Bitlis Metamorfikleri'ne dâhil ederek yaptığı çalışmasında metabazalt ile girik bulunan kristalize kireçtaşlarında *Megalodont* fosillerini bularak birime Geç Triyas (Noriyen) yaşını vermiştir (Kaya, 2001).

Keban Metamorfitleleri'nin yaşı ile ilgili ilk kesin bilgileri Kipman (1982) vermiştir. Kipman (1982), Keban Metamorfitleleri'ni alt şistler, mermerler ve üst şistler olmak üzere üç ayrı birime ayırarak incelemiştir. Araştırmacı alt şistler içinde bulunduğu fosillere dayanarak birime Permiyen yaşını vermiştir. Kipman (1982), mermerleri alt şistler üzerine bindirmeli kabul ederek, mermerlerin en yaşlı birim olduğunu savunmuştur. Bu nedenle araştırmacı mermerler için Permo-Karbonifer yaşını önermiştir (Altunbey, 1996).

Bu çalışmada da Keban Metamorfitleleri'nin yaşı, araştırmacıların belirlediği gibi Permo-Triyas olarak kabul edilmiştir (Palutoğlu, 2014).

2.2.Elazığ Mağmatitleri (Senoniyen)

Serpantinit, gabro, diyabaz, bazalt, granit, granodiyorit, tuf, aglomera, kireçtaşı, şeyl ve volkanik kumtaşı ile temsil edilen birim ilk defa Perinçek (1980) tarafından Hakkâri ili Yüksekova ilçesi yakınlarında tanımlanmış ve adlandırılmıştır (Tuna, 1979; Türkmen, 1988). Turan vd. (1995), ise birimin Perinçek (1977), tarafından Yüksekova civarında tanımlanan litolojik ve yapısal özellikleri ile Elazığ çevresindeki özelliklerinin farklı olduğunu, Hakkâri civarında birimin çeşitli litolojilerden oluşmuş tam bir karmaşık olduğunu, oysa Elazığ çevresinde birimin tabandan tavana doğru düzenli bir değişim gösterdiğini ve bir karmaşık özelliğini göstermediğini vurgulayarak, Elazığ Mağmatitleri ismini vermiştir. İnceleme alanında Elazığ Mağmatitleri oldukça geniş yüzeyleme vermektedir. Birim, Yurtbaşı Beldesi'nin batısında yüzeyler. İnceleme alanında tabanı görülemeyen Elazığ Mağmatitleri'nin üzerine, Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu aşıl uyumsuz olarak, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu da uyumsuz olarak ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Bingöl ve Beyarslan (1996), Elazığ Mağmatitleri'nin birbirini kesen diyorit, tonalit, granodiyorit ile bazaltik yastık lavlar, andezitik lav akıntısı ve piroklastitler, volkanoklastitler ve alttaki Kömürhan ofiyolitleri'ni kesen granitik ve dasit daykları ve dasit domlarından oluştuğunu belirtmektedirler. İnceleme alanında Elazığ Mağmatitleri, tabanda gabro, diyorit, monzonit, monzodiyorit derinlik kayaçları, bunların üzerinde genellikle yastık lav yapılı bazalt ve bazaltik lav akıntıları, andezit, aglomera, lapillistone, tuf ve bunlarla ara tabakalı volkanosedimanterler, volkanosedimanterler ve bütün bunları kesen tonalit, granodiyorit, granit ve dasitlerden

oluşur. Bingöl (1982, 1984, 1988), Elazığ çevresinde Elazığ Mağmatitleri üzerinde yaptığı petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda, birimin kalkalkali karakterde olduğunu ve kuzeye dalımlı bir yitim zonu üzerinde gelişen bir ada yayı ürünü olduğunu belirtmiştir. Bingöl (1988), Elazığ Mağmatitleri'ni oluşturan kayaçların gabrodan granite kadar geniş bir bileşim farklılığı sunduğu ve bu kayaçların dalma-batma olaylarının üç evresinde oluştuğunu belirtmiştir. Birinci ve ikinci evrede ada yayı kayaç topluluğunu karakterize eden gabro, diyorit, monzonit, tonalit ve granodiyoritlerin oluştuğunu, üçüncü evrede ise kıta-ada yayı çarpışma zonunu karakterize eden granitlerin oluştuğunu belirtmiştir. Bingöl ve Beyarslan (1996), Elazığ Mağmatitlerinin Üst Kretase de oluşan supra-subduction zonu ofiyolit üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu belirtmektedirler. Supra-subduction zonu kayaçları, ofiyolitleri oluşturan okyanus kabuğu içinde gelişmektedir. Üst Kretase sonuna doğru ofiyolitler, ada yayı malzemeleri (Elazığ Mağmatitleri) ve Keban-Malatya Metamorfikleri ile birlikte güneye doğru itilmektedir. Bu birimler bugünkü konumlarını Erken Miyosen sonrası Doğu Toroslar'daki bindirmelere bağlı olarak almışlardır. Turan vd. (1995), Elazığ çevresinde yaptıkları çalışmada, Elazığ Mağmatitleri olarak adlandırdıkları Yüksekova Karmaşığı'nın ada yayı toleyitleri, ada yayı kalkalkali serisi ve çarpışma granitoidlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir. İnceleme alanında Elazığ Mağmatitleri'ne yaş verebilecek herhangi bir veri olmamakla birlikte, bölgede yapılan çalışmalar ışığında Elazığ Mağmatitleri'nin yaşı Senoniyen olmalıdır (Palutoğlu, 2014)

2.3. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen–Üst Oligosen)

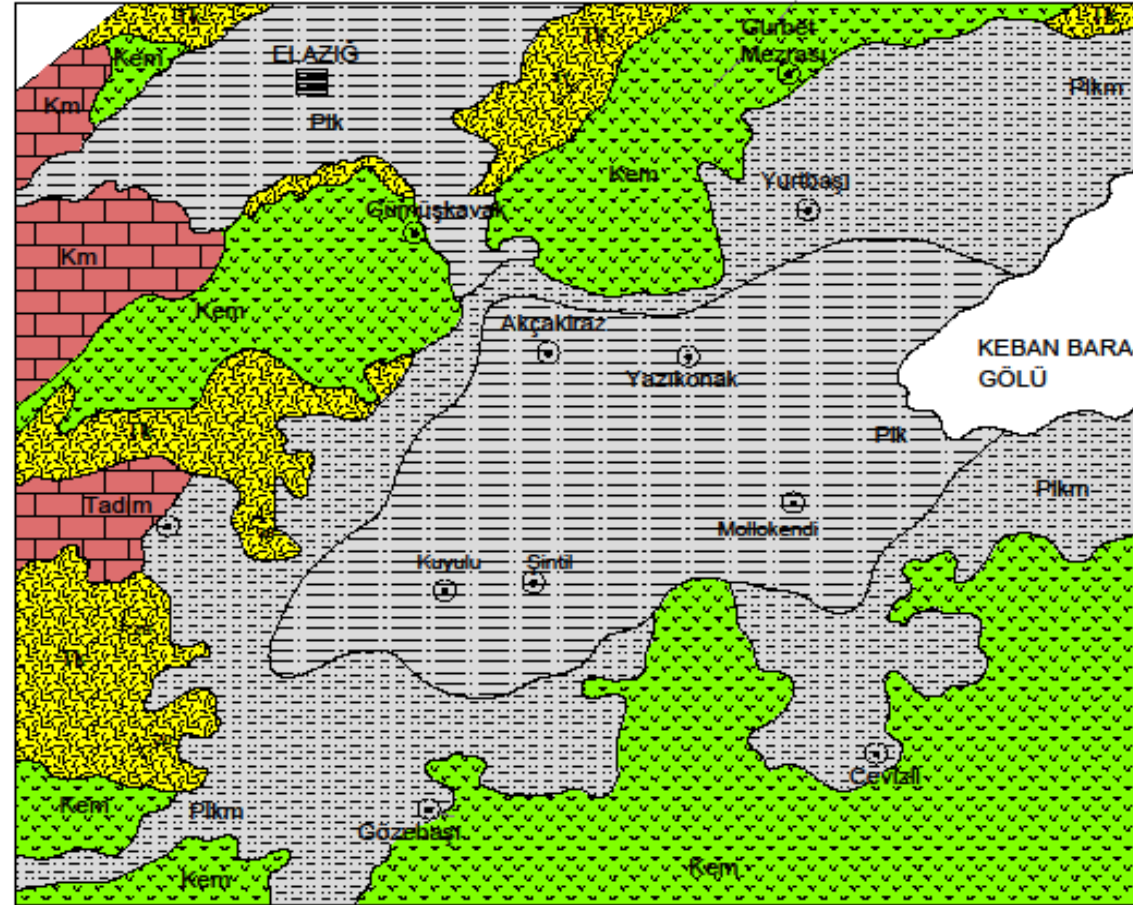
Kırkgeçit Formasyonu ilk defa TPAO jeologları tarafından, Van'ın güneydoğusunda Kırkgeçit Köyü civarında tanımlanmış ve adlandırılmıştır (Naz, 1979; Türkmen, 1988). Daha sonra yapılan çalışmalarda da genelde bu isim kullanılmıştır. Bu çalışmada da bu isim benimsenerek kullanılmıştır. İnceleme alanında Kırkgeçit Formasyonu; daha çok batı kesimlerde yüzeylemektedir.

Kırkgeçit Formasyonu inceleme alanında tabanda Permo–Triyas yaşlı Keban Metamorfikleri'ni, Senoniyen yaşlı Elazığ Mağmatitleri'ni aşıl uyumsuzlukla örtmektedir. Kırkgeçit Formasyonu'nun üzerine Kuvaterner yaşlı alüvyonlar uyumsuzlukla gelmektedir. İnceleme alanında geniş alanlarda yüzeyleme sunan Kırkgeçit Formasyonu, çoğunlukla kırıntılı kayaçlarda oluşmakta olup Elazığ

çevresindeki yüzeylemelerinde, beslendiği birimlere göre farklı yerlerde farklı litolojiler gösterirler. Örneğin Palu dolaylarında alttan üste doğru, boz renkli çakıltaşları; boyutları 1-1,5 cm arasında değişen metamorfit, diyorit, serpantinit, radyolarit ve kuvars çakılları; kumtaşları ise çakıltaşları ile aynı kökenli malzemeleri kapsayıp üste doğru kumlu kireçtaşlarına ve daha sonrada algli ve killi kireçtaşlarına geçer (Sirel vd., 1975; Çelik, 1994). İnceöz (1994), Harput ve çevresinde yaptığı çalışmada, Kırkgeçit Formasyonu'nu yanal ve düşey yönde değişik fasiyesler içermesi nedeniyle, stratigrafik olarak Marik, Seherdağı ve Çömlek üyelerine ayırarak incelemiştir. Marik Üyesi; çok farklı köken ve eleman içeren konglomera ve bu konglomeralar ile yanal ve düşey yönde geçişler gösteren masif kumtaşlarından oluşmaktadır. Bu üye içerisinde çok iri bloklar söz konusudur. Bunlar iri olistolit bloklardır. Marik üyesi içerisinde olistolitik kütleler halinde bulunan çamurtaşları, kırmızı renkli ve oldukça ince tabakalıdır. Kırmızı renkli çamurtaşlarından derlenen örneklerde saptanan fosiller bu çamurtaşlarının Monsiyen-Alt Tanesiyen yaşlı ve derin deniz karakterli olduğunu göstermektedir (İnceöz, 1994). Seherdağı üyesi; Özkul (1988), Elazığ batısında yaptığı çalışmada, Marik üyesi adı altında incelediği konglomeratik tortul kayalar dışında kalan diğer türbiditik birimleri "Seherdağı üyesi" adı altında değerlendirmiştir. Birimin kalınlığının 500 metreden fazla olduğu düşünülmektedir. Seherdağı üyesi, yanal ve düşey yönde çok sık litolojik farklılıklar sunmakla birlikte, genel olarak konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve marnlardan oluşmaktadır (İnceöz, 1994). Çömlek üyesi, kalınlığının 400 metreden az olduğu tahmin edilmektedir. Konglomera, kumtaşı ve masif kireçtaşlarından oluşmaktadır. Merceksel geometrili olan konglomeralar 300-400 metrelik yanal devamlılığı ve 1-2 metrelik kalınlığa sahiptir (İnceöz, 1994; Palutoglu, 2014).

Kırkgeçit Formasyonu'nun inceleme alanı içerisinde kalan kesimi üzerinde, Avşar (1983), tarafından ayrıntılı mikropaleontolojik çalışmalar yapılmış ve formasyonun yaşı ortaya konulmuştur. Avşar (1983), Çömlek üyesine ait algli kireçtaşlarından aldığı örneklerde saptadığı fosillerine dayanarak, birime Orta-Üst Eosen yaşını vermiştir.

Özkul (1988), Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptığı çalışmada, formasyondan derlediği örneklerde saptadığı fosillere dayanarak, birime Orta Eosen-Üst Oligosen yaşını vermiştir (İnceöz, 1994; Palutoglu, 2014).



	LEJANT	
Plyosen	Plkm	Silt, kumtaşı ve konglomera
	Plk	Kumlu kil
Lütesiyen- Üst Oligosen	Tk	Konglomera, kumtaşı, mam, killi kumtaşı ve kireçtaşı
Senoniyen	Kern	Granit, gabro, diyorit, serpantin, andezit, bazalt, spilit ve tuf
Permo-Triyas	Km	Kristalize kireçtaşı
		Kırıkgeçit Formasyonu
		Elazığ Magmatitleri
		Keban Metamorfikleri

Formasyon sınırı

Doğrultu ve eğim

Köy

Şehir merkezi

Şekil 2.1 Çalışma alanı jeoloji haritası (Çetindag ve Okan, 2004)

3. YERALTI SUYU JEOKİMYASI

Çalışma alanı içerisinde derinlikleri 50 metre ile 180 metre arasında değişen sondaj kuyuları yer almaktadır. Bu kuyular bölgede hem sulama hem de içme suyu amacı ile kullanılmaktadır. Bu kuyuların X ve Y koordinatları ile sondaj derinlikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Ayrıca örnek alınan noktalara ait uydu görüntüsü Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında bölgedeki su kuyularından iki dönem (Haziran ve Ekim 2015 tarihlerinde) halinde su örnekleri alınmış ve içerisindeki anyon ve katyon değişimi incelemek amacıyla analizler yapılmıştır. Analizler 40 farklı noktadan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özellikle Ekim ayında alınan örneklerin katyon içeriğinin Haziran döneminde olan örneklerin katyon içeriğine göre % 3-5 arasında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Alınan örneklerdeki çeşitli katyon ve anyon analizleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Katyon analizleri Kanada Acme laboratuvarında ICP-MS ile gerçekleştirilirken, pH, EC ve anyon analizleri ise Elazığ İl Özel idaresi Su kimyası laboratuvarındaki iyon analizöründe gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Örnekleme noktalarına ait bilgiler

Örnek no	KOORDİNAT (ED 50 6)		
	Derinlik	X (Kuzey)	Y (Doğu)
Y-01	100	4279535	529059
Y-02	63	4279911	529524
Y-03	50	4280098	529437
Y-04	90	4280168	530181
Y-05	60	4279771	530289
Y-06	90	4278788	530674
Y-07	100	4279665	531166
Y-08	110	4278154	531183
Y-09	100	4278479	531138
Y-10	70	4279571	530016
Y-11	92	4279571	529697
Y-12	86	4277099	529960
Y-13	100	4278457	529766
Y-14	70	4278572	528995
Y-15	52	4278770	528608
Y-16	85	4278711	529370
Y-17	100	4278716	529677
Y-18	80	4278961	530038
Y-19	60	4278055	530306
Y-20	80	4277963	529383

Tablo 3.1. (Devam) Örnekleme noktalarına ait bilgiler

Örnek no	KOORDİNAT (ED 50 6)		
	Derinlik	X (Kuzey)	Y (Doğu)
Y-21	112	4277972	528730
Y-22	150	4278730	530248
Y-23	100	4279246	530610
Y-24	100	4279450	531344
Y-25	180	4275643	529646
Y-26	180	4275467	529138
Y-27	60	4277425	534290
Y-28	70	4278604	534982
Y-29	120	4279848	534941
Y-30	90	4277609	531631
Y-31	80	4277778	532110
Y-32	80	4277413	530698
Y-33	80	4277881	529885
Y-34	50	4276808	529275
Y-35	65	4277261	529349
Y-36	80	4276441	531017
Y-37	60	4276836	530653
Y-38	90	4276241	529821
Y-39	105	4279059	529198
Y-40	80	4278664	529854



Şekil 3.1. Alınan örnek noktalarını gösteren uydu görüntüsü

pH = -log (H⁺): Saf su için pH = 7'dir. pH = 7 olması (H⁺) = (H⁻) olması demektir ki, böyle bir su için nötr su ifadesi kullanılır. pH < 7 ise (H⁺) > (H⁻) ve su asidik, pH > 7 ise (H⁺) < (H⁻) ve su bazik demektir. Bu kapsamda, çalışma alanında ölçülen 40 adet kuyu numunesindeki ortalama pH değeri **7.76** olup, en yüksek 8.37, en küçük ise 6.68 pH değerleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre bölgedeki suların nötr bir su olmakla birlikte düşük bir bazik karakter taşıdığını da söylemek mümkündür.

Elektriksel İletkenlik (EC25 µS/cm): Elektriksel iletkenlik, öz direncin tersidir. Buna göre elektriksel iletkenlik, birim uzunlukta ve birim kesitteki bir cismin, belirli bir sıcaklıktaki iletkenliğidir. Öz direncin birimi ohm' dur. Elektriksel iletkenliğin birimi ise mho (1/ohm) ile verilir. İletkenin uzunluğu cm, kesiti cm² ile verilirse elektriksel iletkenliğin birimi mho/cm olarak ifade edilir (Aykar, 2009). Çalışma alanında ölçülen EC değerleri ortalama olarak 727 µS/cm iken en düşük 214, en yüksek ise 4510 µS/cm olarak belirlenmiştir.

Bünyesinde iyon bulunan su iletken su olarak tanımlanır ve çözeltiler elektrik akımını iyonlar aracılığıyla iletirler. Buna göre suyun elektriksel iletkenliği ile sudaki iyon miktarı arasında doğru bir orantı vardır. Bu ilişki dolayısıyla suyun elektriksel iletkenliği ölçülerek, sudaki iyon miktarı yaklaşık olarak tayin edilebilir. Böylece hiçbir analiz yapmadan suyun toplam tuzluluğu hakkında fikir edinmek mümkündür. İyonların çözelti içindeki hareket yetenekleri aynı değildir. Bazı iyonlar (H⁺ gibi) çok hızlı hareket ettikleri gibi, bazıları daha yavaş hareket ederler. Bu hareketlilik (sabit sıcaklıkta) daha çok iyon çapı ile ilgilidir. Ayrıca sıcaklık da hareketliliği artırır. Elektriksel iletkenlik ile iyon konsantrasyonu arasında doğru orantılı olmakla birlikte, her iyon için bu oran aynı değildir. Sıcaklık ile elektriksel iletkenliğin ilişkisi, iyon cinsine ve konsantrasyon aralığına bağlı olarak değişir. Genel olarak düşük konsantrasyonlarda sıcaklık 1 °C değişince elektriksel iletkenlik % 2 oranında değişir. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla değiştiği için farklı sıcaklıklarda ölçülmüş EC değerleri ile suları karşılaştırmak doğru olmaz. Bütün suların elektriksel iletkenliğini aynı sıcaklıkta ölçmek mümkün olmadığından, ölçülen EC değerlerinin standart bir sıcaklıktaki eşdeğerini vermek ve bu değerler üzerinden suları karşılaştırmak gerekir. Genellikle EC değerleri 25 °C'deki değerler olarak verilmektedir (Doğan, 1981).

Sularda Sertlik

Genel olarak suların içerdigi çözülmüş haldeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplamı suyun sertliği olarak ifade edilir. Sular erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumu; bikarbonat tuzları, sülfat tuzları, klorür tuzları ve ayrıca az miktarda nitrat tuzları halinde içerir. Özellikle kalsiyum bikarbonat ve kalsiyum sülfat suyun sertliğinde önemli rol oynar.

Suların sertliği suyun içermiş olduğu kalsiyum oksit veya karbonatlarının miktarı ölçü alınarak miliekivalan veya “sertlik derecesi” birimi ile ifade edilir. İçme suyu ile ilgili ölçümlerde genellikle sertlik derecesi birimi ifade edilir. Farklı sertlik derecesi birimleri kullanılmakla beraber en çok kullanılanları Fransız sertlik derecesi (FS), İngiliz sertlik derecesi (IS) ve Alman sertlik derecesi (AS)’dir. Ülkemizde yaygın olarak Fransız sertlik derecesi kullanılır.

Fransız sertlik derecesi (FS⁰): Suyun 100 ml’sinde 1 mg CaCO₃ kapsayan suyun sertliği, 1 Fransız Sertlik Derecesi olarak ifade edilir.

İngiliz sertlik derecesi (IS⁰): Suyun 70 ml’sinde 1 mg CaCO₃ kapsayan suyun sertliği, 1 İngiliz Sertlik Derecesi olarak ifade edilir.

Alman sertlik derecesi (AS⁰): Suyun 56 ml’sinde 1 mg CaO kapsayan suyun sertliği, 1 Alman Sertlik Derecesi olarak ifade edilir.

Tablo 3.2. Toplam sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması

SINIFLANDIRMA	Alman Sertlik Derecesi	Fransız Sertlik Derecesi	İngiliz Sertlik Derecesi	ppm (mg/l)
Çok yumuşak su	0 - 4	0 - 7.2	0 - 5	0 - 72
Yumuşak su	4 - 8	7.2 - 14.2	5 - 10	72 - 145
Orta sert su	8 - 12	14.2 - 21.5	10 - 15	145 - 215
Sert su	12 - 18	21.5 - 32.5	15 - 22.5	215 - 325
Çok sert su	18 - 30	32.5 - 54.0	22.5 - 37.5	325 - 545

Çalışma alanındaki suların Ca⁺² içeriğine bağlı olarak sertlik derecesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bölgedeki sulardaki ortalama Ca⁺² içeriği 62.3 ppm bulunurken, en yüksek 255, en düşük ise 15.8 ppm bulunmuştur. Tablo 3.2’deki değerler de dikkate alınarak yöredeki sularda birkaç kuyu hariç genellikle **çok yumuşak su** grubuna dahil olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.3. Çalışma alanındaki kuyulara ait suların fiziko kimyasal parametreleri, anyon ve katyon analiz sonuçları.

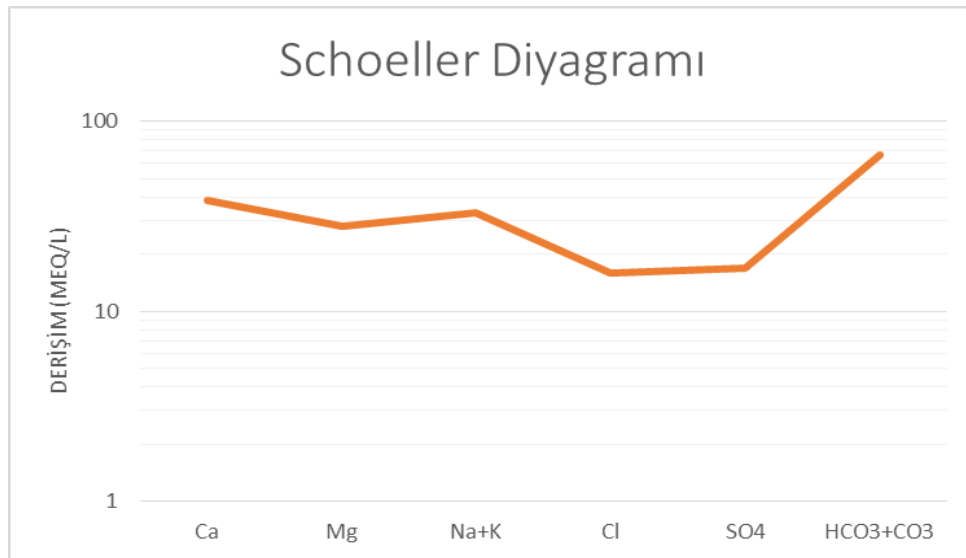
	pH	Ec	F	Cl	NO3	HCO3	SO4	Al	Au	Cu	Sr	U	As	Ca	Mg	Na	K	Mn	Ag	B	Ba	Pb	Zn	S
Birim		µS/cm	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM
DL								1	0,05	0,1	0,01	0,02	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	5	0,05	0,1	0,5	1
Y-01	6,68	2660	0,2735	330	2,4182	1309,426	0,0019	7	0,05	37,6	369,76	0,63	71,7	79,72	55,26	231,13	2,92	106,27	0,06	9489	22,14	9,2	67,2	4
Y-02	7,84	1245	0,3268	98	34,3531	532,408	125,7004	91	0,05	1,8	956,47	1,83	8	83,36	44,87	144,45	1,36	5,51	0,05	2635	70,05	8,6	17,6	34
Y-03	7,13	911	0,2613	51	6,1233	391,132	109,6971	10	0,05	1,1	174,6	1,5	46,3	82,72	25,07	79,78	1,44	281,57	0,05	1612	3,01	13,2	9,7	32
Y-04	7,55	739	0,5565	17	2,3188	373,564	63,3918	7	0,05	1,2	141,55	0,14	274,5	42,93	23,67	86,46	1,58	50,63	0,05	2255	6,53	17	3,5	19
Y-05	7,71	711	0,2361	25	26,3084	266,204	123,6308	12	0,05	1,3	522,69	1,44	18,1	76,43	24,25	33,46	1,96	5,3	0,05	466	54,8	17,8	37	34
Y-06	7,99	533	0,3007	29	18,5292	184,708	70,2931	21	0,05	1,1	378,01	0,87	17	57,55	19,66	23,46	0,84	0,77	0,05	339	40,63	17,4	38,6	22
Y-07	8,11	505	0,2673	30	23,3574	157,746	82,3736	633	0,05	2,7	410,05	0,78	22,1	59,06	18,34	17,26	1,11	26,55	0,05	183	52,17	23,4	9,5	24
Y-08	8,13	465	0,3663	14	7,6792	192,882	71,2196	10	0,05	1,2	362,96	0,79	23,9	48,68	17,92	24,41	0,9	0,53	0,05	309	34,02	12,2	46,5	20
Y-09	8,18	515	0,3799	33	9,3266	201,91	68,1799	5	0,05	0,9	393,64	0,83	26,8	51,83	19,17	28,3	1	0,45	0,05	364	40,23	9,8	109,6	19
Y-10	7,94	689	0,3028	37	30,2232	238,876	98,2927	32	0,05	1,3	515,67	1,68	26,4	73,78	24,99	32,86	0,84	0,98	0,05	380	54,63	18	3,7	29
Y-11	7,11	1.235	0,4416	114	11,6145	548,756	74,137	37	0,05	2,1	622,92	1,23	365,6	98,05	48,6	100,29	1,69	35,75	0,05	4232	52,28	7	6,8	22
Y-12	7,79	785	0,449	71	10,8963	336,72	32,4746	17	0,05	1	515,36	1,59	97,1	71,77	27,81	58,38	0,95	0,7	0,05	1314	44,97	8,1	2,3	10
Y-13	7,74	1.408	0,2706	96	3,0753	757,864	53,524	228	0,05	1,2	587,6	2,08	1082	41,8	77,61	151,79	1,47	19,7	0,05	3354	45,46	16,9	433	15
Y-14	7,93	596	0,257	31	14,9548	289,994	18,2492	22	0,05	0,7	369,03	0,8	225,6	54,49	19,45	48,99	0,32	1,12	0,05	416	7,85	9,4	2,2	7
Y-15	8,1	470	0,157	26	13,5286	206,18	27,4122	11	0,05	0,9	165,35	1,11	1,3	59,91	12,27	22,52	0,13	0,5	0,05	37	3,65	7,6	2,4	9
Y-16	7,39	557	0,5192	21	6,8779	268,4	27,1751	12	0,05	1,6	303,27	0,93	132,6	49,64	19,69	40,3	0,76	1,58	0,05	942	15,97	14,9	13,9	11
Y-17	6,76	4.510	0,3054	537	3,2586	2381,44	160,0794	600	500	80	2063	3000	15128	255	303	557	5	1894	100	37157	80	4000	300	48
Y-18	7,96	587	0,3716	13	13,937	199,836	77,0829	125	0,05	1,8	516,75	1,22	5,3	57,85	24,6	29,97	0,68	4,64	0,05	499	55,62	11,3	36,8	24
Y-19	7,97	827	0,3958	84	10,4108	271,694	47,7462	13	0,05	0,7	523,54	1,03	138,9	69,06	41,82	72,11	1,27	0,9	0,05	1841	54,58	6,6	798,4	15
Y-20	8,04	783	0,3683	50	7,7294	281,698	47,9373	180	0,05	1,2	450,4	2,08	93,8	45,33	24,86	92,44	0,61	5,63	0,05	2175	10,87	9,4	3,3	16
Y-21	8,09	636	0,3052	30	5,7121	254,614	31,0841	8	0,05	1	371,99	1,93	5,5	39,59	25,6	61,38	0,3	0,63	0,05	212	8,64	12,1	13,9	12
Y-22	8,37	616	0,2918	33	17,8334	187,27	71,6356	19	0,05	1,3	416,14	1,11	23,1	69,11	23,77	40,6	1,07	2,43	0,05	639	43,86	5,8	254,1	24
Y-23	7,7	740	0,4	38	17,6271	249,246	72,971	6	0,05	0,9	483,27	1,2	56	70	28,15	51,63	1,03	4,72	0,05	969	42,15	7,7	60,3	24

Tablo 3.3. (Devam) Çalışma alanındaki kuyulara ait suların fiziko kimyasal parametreleri, anyon ve katyon analiz sonuçları.

	pH	Ec	F	Cl	NO3	HCO3	SO4	Al	Au	Cu	Sr	U	As	Ca	Mg	Na	K	Mn	Ag	B	Ba	Pb	Zn	S
Birim		µS/cm	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM	PPM	PPM	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPM
DL								1	0,05	0,1	0,01	0,02	0,5	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	5	0,05	0,1	0,5	1
Y-24	8,07	449	0,2862	12	8,9446	156,648	47,0287	12	0,05	6,7	319,25	0,74	21,3	46,01	16,17	23,30	0,89	0,51	0,05	248	43,26	26,9	28,6	15
Y-25	7,50	214	0,2012	10	10,125	112,025	30,000	60	0,05	3,2	334,61	1,09	7,8	52,84	27,17	42,50	0,38	1,86	0,05	276	7,97	20,3	4,6	9
Y-26	7,55	250	0,2014	10	10,589	110,256	35,000	32	0,05	2,2	363,83	0,87	2,7	35,19	25,68	42,65	0,83	4,08	0,05	200	3,93	15,2	11,2	9
Y-27	8,21	342	0,3012	5	11,5428	125,744	14,8544	61	0,05	2,9	160,24	0,62	31,5	23,35	11,94	46,30	0,64	4,86	0,05	207	3,07	4,3	88,4	5
Y-28	8,23	278	0,2349	5	10,3133	124,684	4,189	13	0,05	1,8	61,92	0,34	2,5	15,81	6,74	38,48	0,12	0,30	0,05	63	1,25	5,9	19,0	2
Y-29	8,36	304	0,1193	12	10,3049	126,514	4,3371	21	0,05	1,0	96,28	0,56	1,6	16,46	7,37	45,98	0,20	0,96	0,05	97	0,99	5,3	38,9	2
Y-30	7,69	968	0,3926	27	10,551	406,748	75,2333	18	0,05	5,5	586,28	3,33	3,5	48,97	53,77	103,78	1,17	2,61	0,05	2310	41,96	7,3	222,0	23
Y-31	8	487	0,3688	18	9,5561	167,506	50,8093	16	0,05	0,9	307,24	1,42	61,1	39,01	27,43	32,00	0,84	5,19	0,05	340	36,61	6,8	716,4	16
Y-32	7,7	749	0,2571	45	17,4917	227,286	67,0451	89	0,05	0,7	749,41	1,97	31,0	81,07	37,96	43,94	0,95	3,40	0,05	637	78,10	1,0	225,7	23
Y-33	7,38	2015	0,2283	122	2,8231	834,43	53,8465	22	0,05	0,8	953,52	4,13	881,3	65,62	145,41	211,13	1,65	9,00	0,05	7560	49,43	4,7	1,1	18
Y-34	7,6	218	0,236	18	10,2586	150,114	4,1588	9	0,05	0,8	145,19	0,33	6,3	32,29	18,97	69,33	0,27	2,68	0,05	335	3,43	8,2	2,6	6
Y-35	7,6	270	0,2189	23	21,4897	282,674	32,6964	48	0,05	0,9	548,38	2,27	20,2	90,10	26,75	31,92	0,49	0,37	0,05	267	17,89	8,7	1,6	11
Y-36	7,66	765	0,242	27	11,18	290,482	56,9653	73	0,05	0,8	618,33	1,72	39,2	59,10	36,81	66,07	1,12	1,61	0,05	1279	66,45	5,4	73,5	19
Y-37	7,75	712	0,2507	21	8,1295	257,908	84,5679	37	0,05	1,0	655,98	2,10	9,3	68,04	31,99	41,43	0,93	1,76	0,05	631	55,59	10,4	2568,8	25
Y-38	7,53	1052	0,3723	57	54,3417	361,12	61,7672	29	0,05	1,0	1077,07	2,07	49,7	92,49	53,30	70,68	5,97	7,59	0,05	1378	133,11	3,7	9,2	21
Y-39	7,79	617	0,5732	20	6,1495	253,15	24,8814	7	0,05	0,9	402,88	1,39	26,4	45,16	16,96	77,38	0,82	0,78	0,05	2092	29,44	4,5	7,9	9
Y-40	7,77	723	0,489	34	12,4229	250,588	57,2189	12	0,05	1,0	379,73	0,89	154,0	43,66	27,28	77,03	1,30	0,64	0,05	1877	36,62	11,9	1,5	17

Hidrojeolojide, suların kökenel açıdan değerlendirilmesi, toplu halde bir arada görülebilmesi, sınıflandırılması, birbirleriyle ilişkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması gibi amaçlar için farklı diyagramlar geliştirilmiştir. Piper üçgen diyagramı, Schoeller yarı logaritmik diyagramı ve Cluster diyagramı gibi diyagramlar, gerek iyonların topluca tek bir diyagramda görüntüleme, gerekse benzer ve farklı kökenli suların karşılaştırılması kolaylığı açısından, hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardır. Örnekleme noktalarına ait majör katyon ve anyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik (Schoeller) grafiği çizilmiştir. Schoeller yarı logaritmik diyagramda benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına sahip sular benzer pikler oluşturmuşlardır.

Çalışma alanındaki suların kökeni ortaya koymak ve söz konusu suları sınıflandırmak için Shoeller diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 3.2). Bu diyagram, örnekleme yapılan 40 adet sondaj kuyularından alınan su örneklerinin analiz edilmesi sonucunda ortaya çıkan katyon ve anyon değerleri kullanılarak çizilmiştir (Şekil 3.2). Bu diyagrama bakıldığında yöredeki suların katyon açısından Ca^{+2} baskın iken, daha sonra ise Na ve Mg gelmektedir. Anyon açısından ise Cl ve SO_4 bakımından oldukça fakir sular olmakla birlikte HCO_3^- açısından ise oldukça zengin sular denebilir. Dolayısıyla bölgedeki suları Ca^{+2} ve HCO_3^- 'ca zengin sular olarak sınıflandırmak mümkündür.

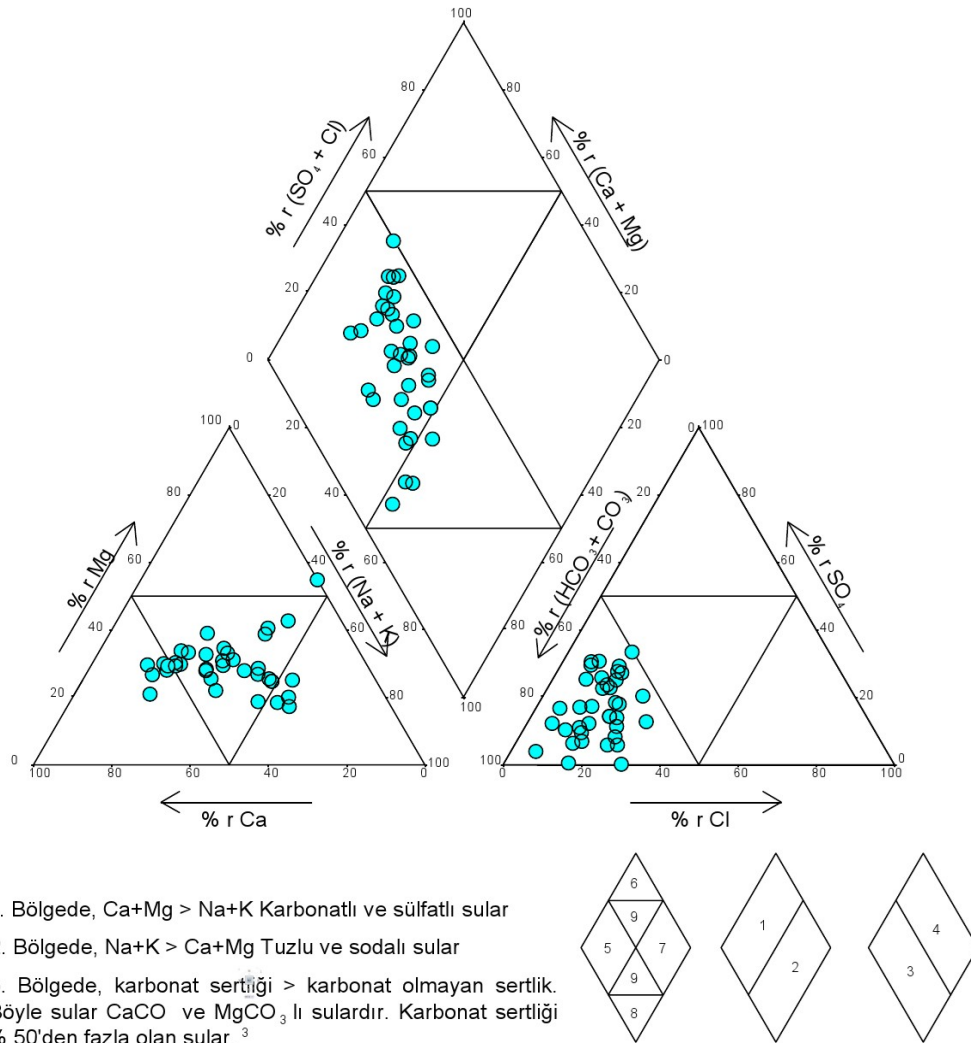


Şekil 3.2. Yurtbaşı çevresindeki kuyulara ait suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (40 örneğin ortalama değerleri alınarak çizilmiştir).

Örnekleme noktalarından alınan su numunelerinin su kimyası analiz sonuçları kullanılarak kökenlerinin/tiplerinin belirlenmesi amacıyla Üçgen (Piper) diyagramı da çizilmiştir (Şekil 3.3).

İyonların tek bir diyagramda görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri Piper diyagramıdır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (% meq/L cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir eşkenar dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde eşkenar dörtgen ise suların sınıflanmasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır.

Bu sonuçlara göre bölgedeki suların Ca ve HCO₃'lı sular olarak sınıflanması mümkündür (Şekil 3.3). Bu gruptaki suların karbonat sertliği % 50'den fazladır.



Şekil 3.3. Piper diyagramı (Piper, 1944).

Arsenik (As); Arsenik, yerkabuğunda farklı mineral formları halinde doğal olarak oluşurlar. Sık sık toprak ve mineral ayrışması ve erozyonu sonucunda yeraltı suları içerisinde yoğunlaşırlar. Yeraltı sularındaki arsenik varlığı, lokal olarak insan aktivitesi, iklim değişikliği gibi faktörlerin yanında, lokal jeolojiye bağlı olarak akifer tabakanın hidrojeolojik ve jeokimyasal özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Doğal çevredeki arseniğin en yaygın kaynakları volkanik kayalar, derin deniz sedimanter kayaları, hidrotermal maden yatakları ve fosil yakıtlardır. Arseniğin yerkabuğundaki ortalama bileşimi 2 ppm'dir, ancak arsenopirit (FeAsS), realgar (AsS) ve orpiment (As_2S_3) gibi minerallerde daha fazla yoğunlaşmışlardır (Wang & Mulligan, 2006). Yeraltı sularında genellikle oksidasyon şartlarında As (III) veya As (V) formunda gözlenir. Arsenik su ile bağlanarak arsenit (H_3AsO_3) veya arsenat (H_2AsO_4) şeklinde bulunur (Wang & Wai, 2004). Arsenit iyonları oksijensiz şartlarda, arsenat ise en yaygın olarak toksik ortamlarda bulunur. Arsenit ve arsenat iyonları daha çok farklı bakterilerin etkisi ile sülfürlü maden yataklarının oksidasyonu sonucunda yüzey ve yeraltı suları içerisine girerler (Wang & Mulligan, 2006). Arsenik kirliliği, yer altı suyu kullanan yoğun nüfusun bulunduğu düzlük bölgelerdeki en önemli sağlık problemlerinden birisidir ve bu yüzden böyle alanlarda insan sağlığını etkileyen en önemli kanserejenik kaynak olarak belirtilmiştir (Wang & Wai, 2004; Stone et al., 2007; Thakur et al., 2011).

Çalışma alanındaki As ile diğer elementler arasındaki genelde pozitif korelasyonlar gözlenmiştir (Tablo 3.4). Özellikle As ile diğer metalik elementler arasında bu korelasyonlar çok yüksek sonuçlar vermiştir. Bu da bölgedeki arsenik kirliliğinin bölgeye diğer metalik elementler ile beraber taşındığını göstermektedir. As ile anyonlar arasındaki korelasyonlarda ise sadece Cl ile yüksek oranda korelasyon göstermektedir ki bu da As taşınımının, klor taşınımı ile beraber olduğunun delili olarak sunmak mümkündür.

İçme sularındaki arseniğin hem kısa hem de uzun dönemde sağlık üzerinde etkileri gözlenmektedir. Arsenik kirliliğinin kısa dönem etkileri 30 dakika gibi kısa dönemde etkisini gösterir ve karın ağrısı, ardından kusma, ishal, kas zayıflığı ve deri yanması ile artarak devam eder. Bu etkiler tipik olarak sudaki 1.2 mg/L ve üzeri arsenik konsantrasyonlarında görülür ancak 0.2 mg/L arsenik konsantrasyonları da özellikle çocuklarda farklı semptomlara neden olabilir. 60 mg/L ' yi aşan arsenik düzeyli su

tüketimleri insanlar için ölümcül olabilir (Wang & Mulligan, 2006). Arseniğin düşük konsantrasyonlarına uzun süre maruz kalındığında ise, periferik vasküler hastalık, hipertansiyon, kalın deri, siğil benzeri lezyonlar ve deri kanseri gibi olumsuz sağlık etkileri ortaya çıkabilir (Nichols et al., 1998). WHO (2011), 100 µg/l'den daha fazla arsenik içeren içme sularının insanlarda deri, mesane ve akciğer kanserleri ile farklı deri lezyonlarına (hiperkeratoz, hiperpigmentasyon ve hipopigmentasyon) sebep olabileceği öne sürülmüştür.

İçme sularında yüksek konsantrasyonlar ≥ 300 µg/L kabul edilirken, düşük konsantrasyonlar ise < 100 µg/L olarak kabul edilmiştir. Hem WHO (2006), hem de EU (Avrupa Birliği) içme suları kalite standartları açısından maksimum kabul edilebilir sınır olarak 0.010 mg/L ve daha düşüğü kabul edilmiştir (Tablo 3.5). Ancak 0.010 mg/L gibi düşük oranlardaki arsenikli su tüketiminin kanser riskini artıracak ileri sürülmüştür (Wilson et al., 2008). Çalışma alanından alınan örneklerde ortalama 486 ppb, en yüksek 15123 ppb arsenik tespit edilmiştir ve örnekleme yapılan 40 kuyunun 29'unda arsenik değerlerinin içilebilir sınırların üzerinde olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.5).

Dünyadaki farklı ülkelerde özellikle de Güneydoğu Asya ülkelerinde (Bangladeş, Vietnam, Bengal, Hindistan, Nepal, Kamboçya, Mogolistan, Çin, Tayland, Pakistan, Tayvan), Orta ve Güney Amerika (Arjantin, Şili, Meksika) ve Kuzey Amerika (ABD ve Kanada)'da yüzey ve yeraltı sularında yüksek arsenik konsantrasyonları tespit edilmiştir (Berg vd., 2001; Guo & Tran, 2005; Nickson vd., 2005; Agusa vd., 2006; Hossain, 2006; Harvey vd., 2006),). Ülkemizdeki doğal yollarla meydana gelen arsenik kirlenmeleri ise özellikle son yılda çalışılmaya başlanmıştır (Colak vd. 2003, Simsek, 2005; Atabay, 2005; Simsek ve Gunduz, 2007; Aksoy vd. 2009; Gündüz vd., 2010). Yöredeki arsenik dağılım haritası ekli haritada verilmiştir (Şekil 3.4).

Kalsiyum (Ca^{+2}); Yüzey ve yeraltı sularının başlıca katyonu kalsiyumdur. Kalsiyum, kayalarda ve toprakların temel bileşenlerinden birisidir. Tüm canlılarda olduğu gibi insanların kemik yapısının gelişmesinde ve bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerinde önemli rol oynar. Sudaki kalsiyumun başlıca kaynakları, Ca içeren silikatlar, kireçtaşı, mermer, dolomit, jips ve aragonit gibi sedimanter kayalar ile tüm Ca içeren diğer mineral ve kayalardır. Çalışma alanındaki sularda en yaygın olarak

gözlenen katyonlardandır ve ortalama olarak 62 ppm Ca içerirken, en yüksek 255, en düşük ise 15.8 ppm Ca içermektedir. Dolayısıyla bölgedeki sular yüksek oranda Ca içeren yeraltı suları grubuna girmektedir (Tablo 3.3).

Magnezyum (Mg^{+2}); Yüzey ve yeraltı sularının temel bileşenlerinden birisidir ve genellikle Ca ve Na'dan sonra gelir. Yüksek oranda Mg içeren sular hafif acı bir tadı bulunmakla beraber, kısmen suya bir miktar sertlik kazandırır. Jeolojik ortamlarda yer alan yüksek oranda magnezyum içeren kayalar başlıca ofiyolitik kayalar, olivin, pyroxene, amphibol ve koyu renkli mikaların önemli bileşenlerinden birisidir. Ayrıca Dolomitik karbonatlar ve çeşitli oksit mineralleri de doğal çevredeki toprak ve kayaların başlıca Mg kaynakları arasında yer alır. Çalışma alanındaki sular ortalama 37.12 ppm Mg içerirken, en düşük 6.74, en yüksek ise 303 ppm Mg içermektedir (Tablo 3.3).

Sodyum (Na^{+}); Yüzey ve yeraltı sularının temel bileşenlerinden birisidir ve kalsiyumdan sonra en fazla bulunan katyondur. Bütün sodyum bileşikleri suda kolaylıkla çözündüğünden dolayı bütün yeraltı sularında az veya çok oranda mutlaka bulunur. Sodyum sertlik veren bir katyon değildir. Genellikle tek değerli katyonlar çift değerli katyonlara göre, bitkiler üzerinde daha fazla zehirleyici etki gösterdikleri için sulama açısından sodyum son derece önemlidir (Doğan, 1981). Çalışma alanındaki yeraltı suları ortalama 75.44 ppm Na gözlenirken, en düşük 23.30 ppm, en yüksek ise 557 ppm Na içermektedir. Bu anlamda yöredeki yeraltı sularının katyon açısından kalsiyumdan sonraki ikinci baskın katyonu olarak görülmektedir (Tablo 3.3).

Potasyum (K^{+}); Potasyum doğal suların hepsinde az veya çok oranda bulunur ve alkali metal grubundandır. Ancak sodyuma göre daha az miktarlarda rastlanır. Sulardaki potasyumun başlıca kaynağı potaslı feldispatlar, kumtaşları ve mikalardır. Volkanik kayalarda sodyuma nazaran daha az bulunup sedimanter kayalarda daha fazladır. Denizlerde ve tuzlu göllerde potasyum oranı bir hayli yüksektir (Doğan, 1981). Çalışma alanındaki yeraltı sularında Ca ve Na' a göre çok daha az oranlarda gözlenmektedir. Bu sular, ortalama olarak 1.17 ppm K içerirken, en yüksek 5.97 ppm, en düşük ise 0.12 K bulundurmaktadır (Tablo 3.2). Bu sonuçlara bakıldığında bölgedeki yeraltı sularının potasyum açısından oldukça fakir olduğu gözlenmektedir.

Karbonat ve Bikarbonat (HCO_3^- , CO_3^{2-}); Suyu alkalilik veren bu iyonlardan özellikle bikarbonat doğal sularda bulunur. Karbonat ise ancak yüksek pH değerlerinde bikarbonat ile görülür. Sudaki bikarbonatın başlıca kaynağı havadaki karbondioksittir. Sudaki karbonat iyonlarının birbirine oranı suyun pH ve CO_2 değerleri ile ilgili olarak değişir. pH'nın 8,2'den küçük olması halinde suda sadece bikarbonat iyonu vardır. İyi bir içme suyunda bikarbonat iyonu hakim anyon olmalıdır (Doğan, 1981). Çalışma alanındaki sularda bikarbonat içeriği oldukça yüksektir. Analizlerde, bikarbonat ortalama olarak 358 ppm gözlenirken, en düşük 110, en yüksek ise 2381 ppm tespit edilmiştir (Tablo 3.3). Bu analiz sonuçları da yöredeki suların karbonat içeriği bakımından oldukça zengin olduğunu göstermektedir. Yöredeki bikarbonat dağılım haritası ekli haritada verilmiştir (Şekil 3.5).

Sülfat (SO_4^{2-}); İki değerli bir anyon olan sülfat bütün doğal sularda az veya çok miktarda bulunur. Yeraltında bulunan sülfatın başlıca kaynağı jips ve anhidrittir. Ayrıca piritin oksidasyonu ile de sülfat teşekkül edebilir. Bir suda bulunan sülfat miktarı diğer iyonlara göre çok az ise, böyle bir suda sülfat indirgenmesi olduğu sonucu çıkarılabilir. Sülfür kokusu varsa ve CO_2 fazla ise sülfat indirgenmesi kuvvetle muhtemeldir (Doğan, 1981). Bölgedeki suların sülfat içeriği bikarbonattan sonraki en fazla gözlenen anyondur ve ortalama 56 ppm, en yüksek ise 160 ppm sülfat sonuçları analiz edilmiştir (Tablo 3.3). Bu durum da akifer formasyonun bulunduğu alanlarda sülfat oluşumu gerektirecek bir aktivitenin olabileceği vurgusunu güçlendirmektedir. Yöredeki sülfat dağılım haritası ekli haritada verilmiştir (Şekil 3.6).

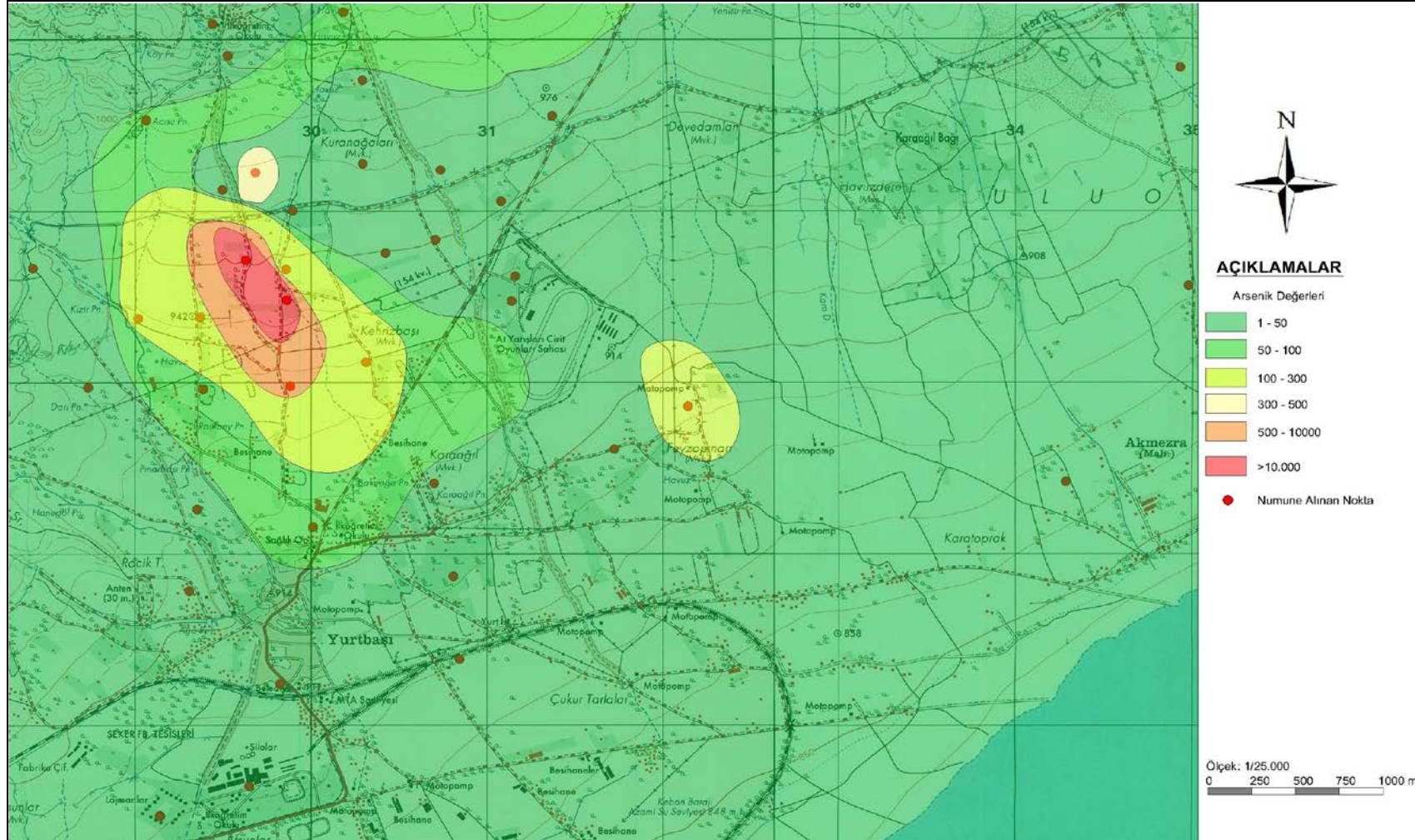
Klorür (Cl^-); Halojen grubu elementlerinden olan klorür bütün doğal sularda bulunur. Denizde çözülmüş tuzlar, buharlaşma sırasında askıda olarak havaya taşınır ve yağışla tekrar yeryüzüne döner. Sulardaki klorürün en önemli kaynağı, sedimanter kütleler içindeki tuz yataklarıdır. Ayrıca volkanik kayalardaki Na içeren plajiyoklaz ve feldispatoid mineralleri sudaki klorürün önemli kaynaklarıdır. Genellikle klorürce zengin olan sular sodyumca zengin sulardır. Çünkü suya klorür veren başlıca klor bileşiği sodyum klorürdür (Doğan, 1981). Çalışma alanındaki suların klorür içeriği ortalama olarak 56.8 ppm iken, en yüksek 537.6 ppm en düşük ise 5 ppm olarak gözlenmiştir (Tablo 3.3). Bölgeden alınan iki örnekte 537.6 ve 330 gibi iki lokasyonlardan alınan örneklerin klorür değerleri WHO (2006) tarafından ortaya

konmuş olan sınır değerinden (250ppm) daha fazladır (Tablo 3.5). Ancak diğer kuyuların klorür değerleri WHO değerlerinin çok altındadır. Yöredeki klor dağılım haritası ekli haritada verilmiştir (Şekil 3.7).

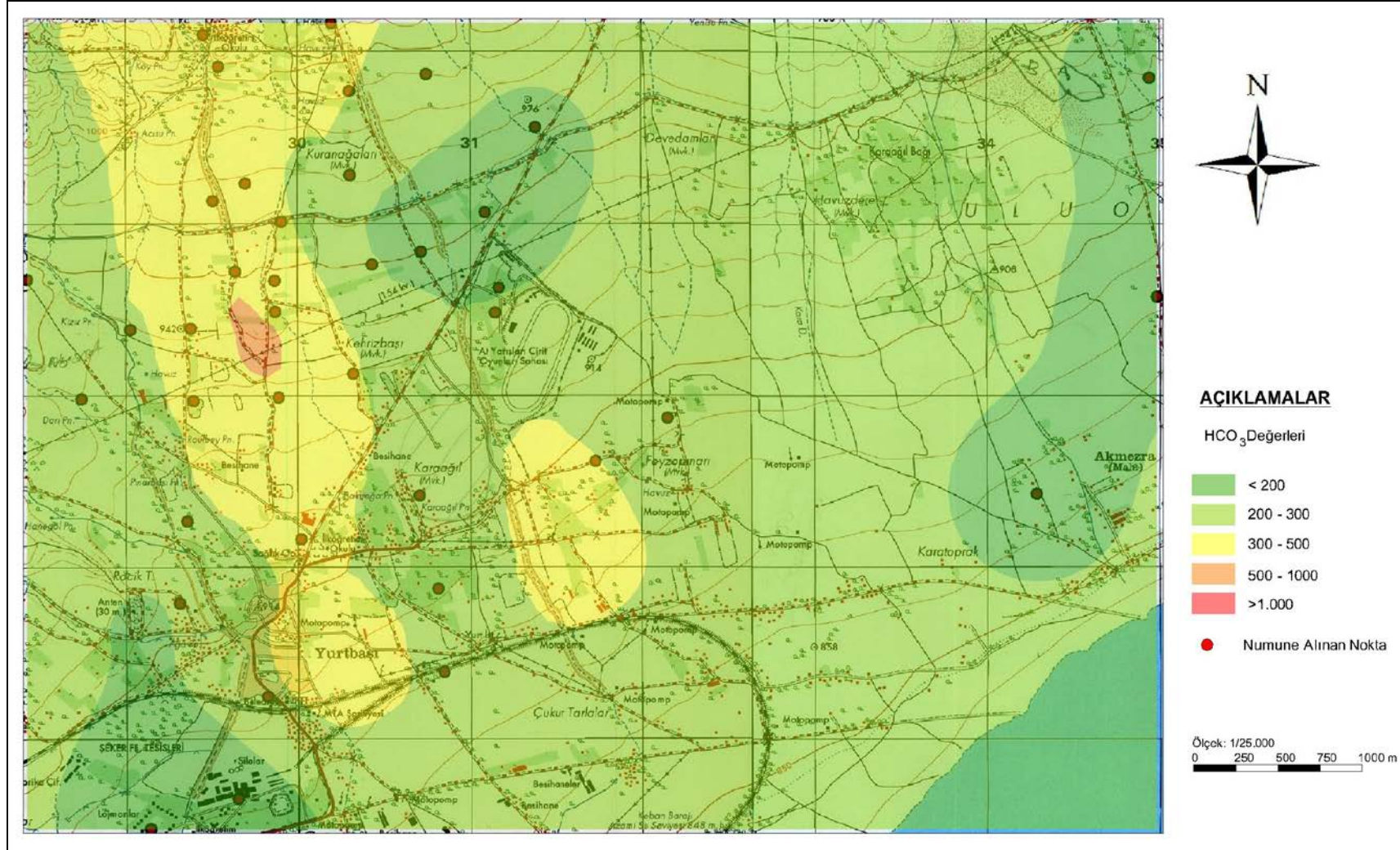
Florür (F⁻); İnsan için en önemli florür kaynağı sudur. Suda florür değişik miktarlarda bulunur. Yüzey suları litrede 1 mg.dan daha az florür içerirken, yeraltı sularının florür oranı ise içinden geçtikleri arazinin jeolojik yapısıyla ve temas ettikleri florürlü maddelerin cins ve miktarlarına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin volkanik orijinli bölgelerde, sularda florür konsantrasyonları oldukça yüksektir (Hapçıoğlu vd., 1992). Benzer şekilde feldispat ve feldispatoyitce zengin kayaların bulunduğu alanlardaki yüzey ve yeraltı sularının flor içeriği de oldukça yüksektir. WHO (2006)'ya göre florun sınır değeri 1.5 ppm'dir. Bu sonuçlar ışığında yöredeki sularda ortalama olarak 0.32 ppm, en yüksek ise 0.57 en düşük ise 0.12 ppm flor değerlerine rastlanmıştır (Tablo 3.3). Bu anlamda yöredeki suların flor içeriği WHO (2006) tarafından ortaya konmuş değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür (Tablo 3.5). Yöredeki florür dağılım haritası ekli haritada verilmiştir (Şekil 3.8).

Tablo 3.4. Çalışma alanındaki elementlerin birbirleri ile arasındaki korelasyon ilişkileri

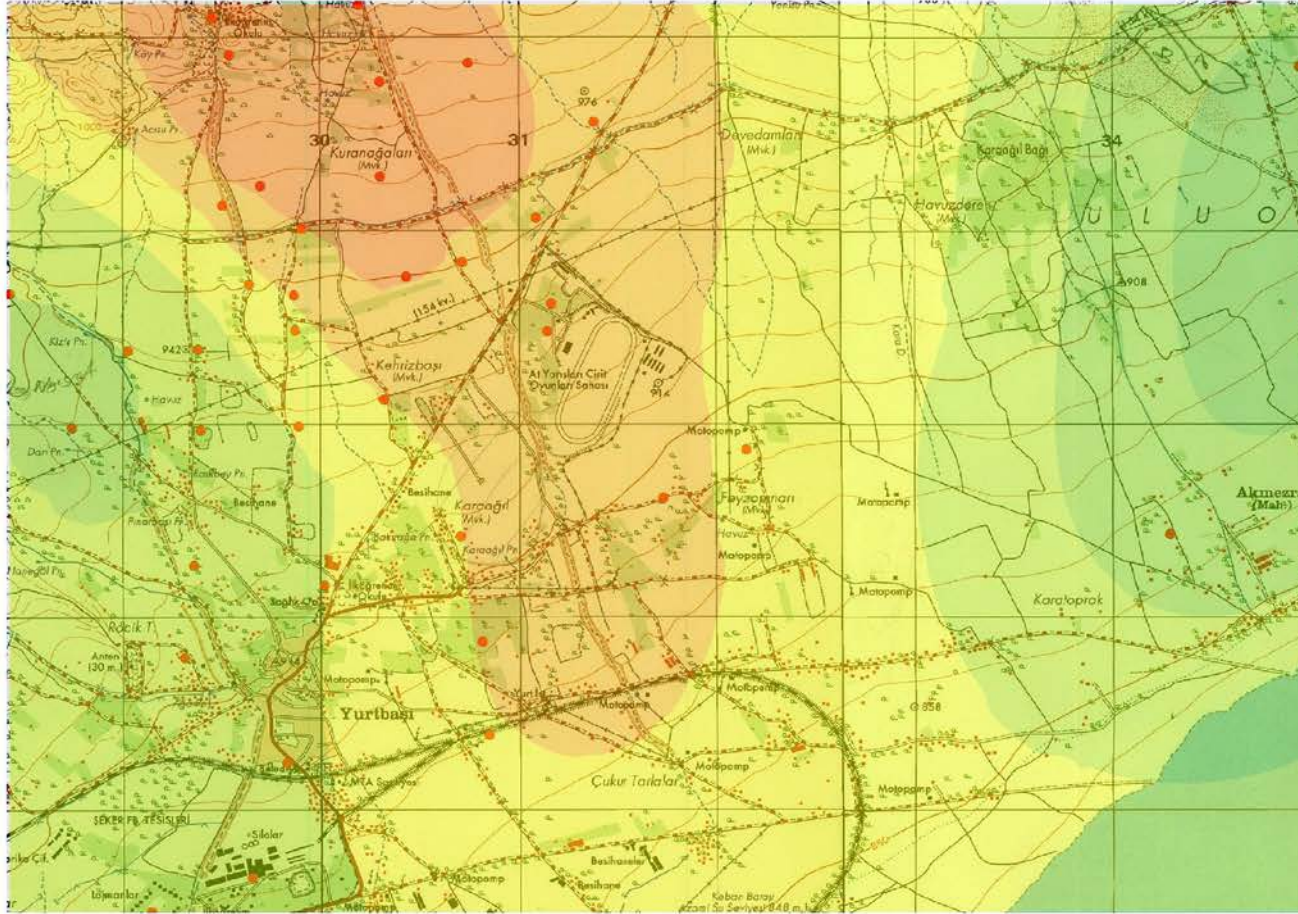
	F	Cl	NO3	HCO3	SO4	Al	Cu	Sr	U	As	Ca	Mg	Na	K	Mn	Ag	B	Ba	Pb	Zn	S
F	1,00																				
Cl	-0,01	1,00																			
NO3	-0,08	-0,19	1,00																		
HCO3	0,01	0,97	-0,23	1,00																	
SO4	0,10	0,35	0,28	0,39	1,00																
Al	-0,11	0,52	0,01	0,51	0,43	1,00															
Cu	-0,05	0,94	-0,23	0,91	0,33	0,56	1,00														
Sr	0,03	0,73	0,22	0,76	0,63	0,53	0,66	1,00													
U	-0,02	0,82	-0,16	0,82	0,47	0,63	0,90	0,75	1,00												
As	-0,02	0,83	-0,19	0,85	0,47	0,64	0,90	0,76	1,00	1,00											
Ca	0,02	0,83	0,12	0,81	0,66	0,54	0,79	0,87	0,84	0,84	1,00										
Mg	-0,04	0,87	-0,17	0,91	0,48	0,57	0,82	0,87	0,88	0,91	0,83	1,00									
Na	0,02	0,94	-0,25	0,97	0,38	0,52	0,89	0,77	0,85	0,88	0,78	0,94	1,00								
K	0,16	0,66	0,35	0,67	0,45	0,34	0,59	0,73	0,54	0,55	0,69	0,64	0,63	1,00							
Mn	-0,03	0,84	-0,19	0,85	0,50	0,63	0,91	0,72	0,99	0,98	0,86	0,87	0,87	0,56	1,00						
Ag	-0,02	0,82	-0,16	0,82	0,47	0,63	0,90	0,75	1,00	1,00	0,84	0,88	0,85	0,54	0,99	1,00					
B	0,02	0,94	-0,23	0,95	0,43	0,59	0,95	0,78	0,95	0,96	0,85	0,95	0,97	0,63	0,95	0,95	1,00				
Ba	0,16	0,30	0,58	0,30	0,58	0,28	0,19	0,73	0,25	0,26	0,52	0,40	0,26	0,69	0,22	0,25	0,28	1,00			
Pb	-0,02	0,82	-0,16	0,82	0,48	0,64	0,90	0,75	1,00	1,00	0,84	0,88	0,85	0,54	0,99	1,00	0,95	0,25	1,00		
Zn	-0,07	0,03	-0,14	0,03	0,16	0,02	0,03	0,15	0,05	0,05	0,08	0,08	0,02	0,01	0,04	0,05	0,03	0,20	0,05	1,00	
S	0,12	0,39	0,28	0,43	0,99	0,44	0,37	0,67	0,51	0,50	0,70	0,52	0,42	0,49	0,53	0,51	0,47	0,62	0,51	0,16	1,00



Şekil 3.4 Arsenik Dağılım Haritası

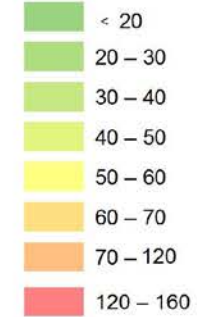


Şekil 3.5. Bikarbonat Dağılım Haritası



AÇIKLAMALAR

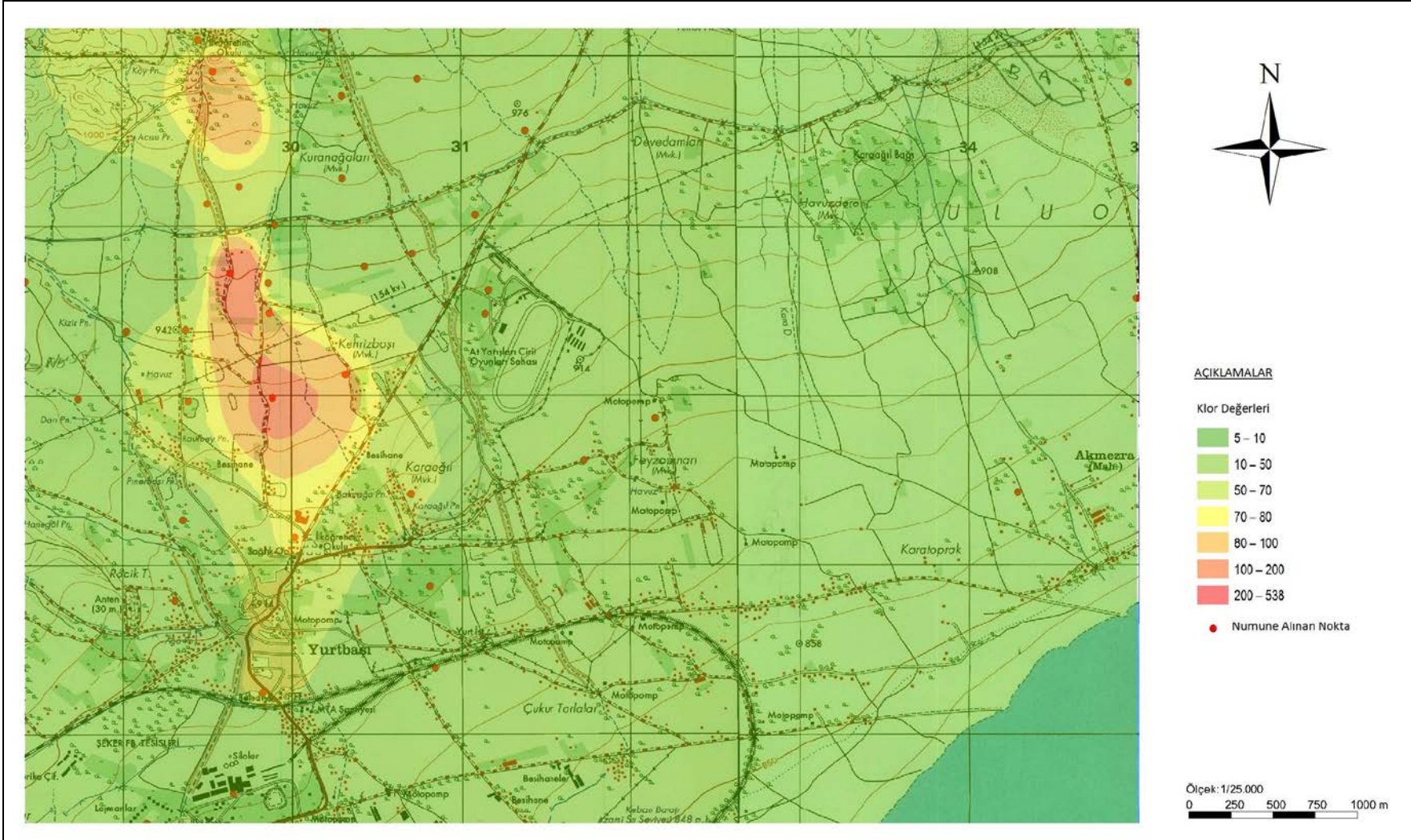
SO₄ Değerleri



• Numune alınan noktalar

Ölçek: 1/25.000
0 250 500 750 1000 m

Şekil 3.6. Sülfat Dağılım Haritası



Şekil 3.7. Klor Dağılım Haritası

Tablo 3.5. TSE, EU ve WHO tarafından belirlenen içme suyu standard değerleri (ppm)
(<http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>)

STANDARTLAR	TSE 266	AB	WHO
Kimyasal mg/L			
pH	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5
İletkenlik 20' (uS/cm)	2500	2500	2500
Nitrat (NO3)	50	50	50
Nitrit (NO2)	0.50	0.50	0.50
Bor (B)	1	2	2
Nikel (Ni)	0.02	0.02	0.02
Arsenik (As)	0.01	0.01	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.005	0.005	0.003
Krom Toplam (Cr)	0.05	0.05	0.05
Florür (F)	1.50	1.50	1.50
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01
Siyanür (CN)	0.05	0.05	0.07
Bromat (Br)	0.010	0.010	0.025
Benzen (C6H6)	0.001	0.001	0.010
Selenyum (Se)	0.010	0.010	0.010
Antimon (Sb)	0.005	0.005	0.005
Bakır (Cu)	2,0	2,0	2,0
Çinko (Zn)	5.0	5.0	5.0
Demir (Fe)	0.2	0.2	0.3
Mangan (Mn)	0.05	0.05	0.10
Alüminyum (Al)	0.20	0.20	0.20
Amonyum (NH4)	0.50	0.50	1.50
Sodyum (Na)	200	200	200
Klorür (Cl)	250	250	250
Sülfat (SO4)	250	250	250
Sertlik(CaCO3)			500
+Fiziksel ve Organoleptik			
Renk(Co-Pt birimi)	20	20	15
Bulanıklık(NTU birimi)	5,0	4,0	5,0
Koku	Duyusal	Duyusal	Duyusal
Tat	Duyusal	Duyusal	Duyusal

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Keban Metamorfikleri, Elazığ mağmatitleri, Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyosen çökelleri olmak üzere farklı formasyonlar yüzeyleme vermektedir. Yurtbaşı yöresinde derinlikleri 50 metre ile 180 m arasında değişen hem sulama hem içme suyu amacı ile kullanılan 40 adet kuyudan örnek numune alınmıştır.

Özellikle Ekim ayında alınan örneklerin katyon içeriğinin Haziran döneminde alınan örneklerin katyon içeriğine göre % 3-5 arasında daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Yöredeki suların anyon ve katyon değerlerine göre sınıflama yapılmış ve bu suların Ca^{+2} ve HCO_3^- 'ca zengin sular sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Yapılan katyon analizlerinde arseniğin WHO'nun izin verilen değerlerinin (0.01 ppb) yüzlerce katı yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Bölgedeki arsenik değerleri ortalama 486 ppb, en yüksek ise 15123 ppb'dir ve bölgedeki 40 kuyunun 29'unda arsenik değerleri içilebilir sınırların üzerinde değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu da hem halk (deri, mesane ve akciğer kanser ile farklı deri lezyonları), hem de çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla yüksek oranda arsenik içeren kuyuların ivedilikle kapatılması, bu suların hiçbir şekilde içme ve sulama amaçlı olarak kullanılmaması gerekmektedir. Yöredeki arsenik kirliliğinin, Pliyosen çökelleri tabanında, Elazığ Mağmatitleri içerisinde ya derin kökenli bir kırık sistemi ya da Gurbet mezrası sülfürlü cevherleşmeleri benzeri gömülü bir sülfürlü cevherleşmenin kimyasal alterasyonu sonucu oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. Yöredeki arseniğin bölgeye klor ile beraber taşınması olması bunun kanıtı olarak kabul edilebilir.

KAYNAKLAR

- Agusa, T., Kunito, T. J., Fujihara, R., Kubota, T.B., Minh, P.T.K., Trang, H., Iwata, A., Subramanian, P.H., S. Tanabe.,** 2006, Contamination by arsenic and other trace elements in tube-well water and its risk assessment to humans in Hanoi, Vietnam, *Environ. Pollut.* 139; 95–106.
- Akgül, B.,** 1987, Keban yöresi metamorfik kayaçların petrografik incelenmesi: Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 60s.
- Aksoy, E.,** 1996, Ovacık Fay Zonunun Arapgir–Keban Baraj Gölü Arasındaki Kesimde Tektonik İncelemeler. F.Ü. Fen ve Müh. Bilimler Dergisi 1996, 8 (1),1–20.
- Aksoy, E., Turan, M., Türkmen, İ. ve Özkul, M.,** 1996, Elazığ Havzası'nın Tersiyer'deki evrimi. KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü 30. Yıl Jeoloji Sempozyumu (16–20 Ekim 1995) Bildirileri, 293–310.
- Aksoy, E., Türkmen, İ., and Turan, M.,** 2005, Tectonics and Sedimentation in Convergent Margin Basins: An Example from the Tertiary Elazığ Basin, Eastern Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25/3: 459-472.
- Altunbey, M.,** 1996, Tuzbaşı-Kanatburun-Ayazpınar (Tunceli-Pertek) Yöresindeki Demir Cevherleşmelerinin Jeolojisi ve Kökeni. Doktora Tezi, F.Ü.Fen Bilimleri Enst., 176s.Elazığ.
- Aykar, E.,** 2009, Kayseri Kenti İçme Suyu Havzasında Yeraltısuyu Kirliliğinin İncelenmesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Avşar, N.,** 1983, Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropaleontolojik araştırmalar. Doktora Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst. 84s (yayımlanmamış).
- Berg, M., Tran, H.C., Nguyen, T.C., Pham H.V., Schertenleib, R., Giger, W.,** 2001, Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat, *Environ. Sci. Technol.* 35/2621– 2626.
- Bingöl, A.F.,** 1982, Elazığ–Pertek–Kovancılar arası volkanik kayaçların petrografik ve petrolojik incelenmesi: F.Ü. Fen Fak. Derg., 1, 9–21.
- Bingöl, A.F.,** 1984, Geology of Elazığ area in the Eastern Taurus region: In Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., eds., “ Geology of the Taurus Belt ” , p. 209–217.

- Bingöl, A.F.**, 1988, Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus–Turkey) : Journal of F.Ü.,3/2, 1–17.
- Bingöl, A.F. ve Beyarslan, M.**, 1996, Elazığ Mağmatitlerinin jeokimyası ve petrolojisi. KTÜ 30. yıl Sempozyumu bildiri metinleri.
- Blatt, H., Middleton, .G.V. and Murray, .R.C.**, 1980. Origin of Sedimentary Rocks, 2. Edition, Prentice-Hall Inc., New Jersey
- Çelik H.**, 1994, Kovancılar (Elazığ) yakın kuzey ve batısındaki alanın jeolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76 s.
- Çetindağ, B., OKAN, Ö. Ö.**, 2004, Hydrochemical characteristics and pollution potential of Uluova aquifers, Elazığ , Turkey.
- Çolak, M., Gemici, Ü., Tarcan, G.**, 2003, The effects of colemanite deposits on the arsenic concentrations of soil and groundwater in Igdeköy-Emet, Kütahya, Turkey. 149, 127-143.
- Doğan, L.**, 1981, Hidrojeolojide Su Kimyası, DSİ Jeoteknik ve Yeraltısuları Daire Başkanlığı, ss. 178 Ankara.
- Esen, N.**, 1997, Elazığ Yakın Çevresinde Kırkgeçit Formasyonu ‘nun Sedimentolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 44s.
- Gunduz, O., C. Simsek, and A. Hasozbek.**, 2010, “Arsenic Pollution in the Groundwater of Simav Plain, Turkey: Its Impact on Water Quality and Human Health.” Water, Air & Soil Poll. 205, 43-62.
- Guo, H., Wang, Y.**, 2005, Geochemical characteristics of shallow groundwater in Datong basin, northwestern China, J. Geochem. Explor. 87, 109–120.
- Hapçıoğlu, B., Dişçi, R., Demir, L., Başak, E., Güray, Ö., Özer, N.**, 1992, Türkiye İçme Sularında Florürün Bölgesel Dağılımı (I), İ. Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt: 26, Sayı: 4.
- Harvey, C.F., Ashfaq, K.N., Yu, W., Badruzzaman, A.B.M., Ali, M.A., Oates, P.M., Michael, H.A., Neumann, R.B., Beckie, R., Islam, S., Ahmed, M.F.**, 2006, Groundwater dynamics and arsenic contamination in Bangladesh, Chem. Geol. 112–136.
- Hossain, M.F.**, 2006, Arsenic contamination in Bangladesh—an overview, Agr. Ecosyst. Environ. 1–16.

<http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>

- İnceöz, M.**, 1994, Harput (Elazığ) Yakın Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst. 112s (yayımlanmamış).
- Kaya, A.**, 2001, Keban (Elazığ) civarındaki metamorfitleerin yapısal analizi ve tektonik evrimi. Doktora Tezi. F.Ü Fen Bil. Enst., 133s., (yayımlanmamış).
- Kipman, E.**, 1976, Keban'ın jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. Doçentlik tezi. İst. Üniv. (yayımlanmamış).
- Kipman, E.**, 1981, Keban'ın jeolojisi ve Keban şaryajı İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, 1(1-2), 75-81.
- Kipman, E.**, 1982, Keban volkanitlerinin petrolojisi. İst. Üniv. Yerbilimleri Derg., 3-4, 203-230.
- Naz, H.**, 1979, Elazığ-Palu dolayının jeolojisi TPAO. Rapor no:1360 (yayımlanmamış).
- Nichols T, Morris J, Mason M, Spate V, Baskett C, Cheng T, Tharp C, Scott J, Horsman T, Colbert J. 1998.** The study of human nails as an intake monitor for arsenic using neutron activation analysis. J. Radioanal. Nucl. 236:51–57.
- Nickson, R.T., McArthur, J.M., Shrestha, B., Kyaw-Myint, T.O. D., and other.,** 2005, Arsenic drinking water quality issues, Muzaffargarh District, Pakistan, Appl. Geochem. 20/55–68.
- Özgül, N.**, 1976, Torosların bazı temel jeoloji özellikleri,: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 19/1, s.65-78.
- Özgül, N., Turşucu, A.**, 1984, Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides): Tekeli, O ve Göncüoğlu, M.C. (ed.): Geology of the Taurus Belt, 173-180, Ankara.
- Özkul, M.**, 1988, Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimentolojik incelemeler: Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 186s (yayımlanmamış).
- Palutoğlu, M.**, 2014, Elazığ Kent Merkezinin Tektoniği Depremsellliği Ve Mikrobölgeleme, F. Ü. Doktora Tezi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
- Perinçek, D.**, 1980, Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri: Tür. 5.Petrol Kong., Tebliğler, 77–93.
- Sirel E., Metin S., and Sözeri B.**, 1975, The stratigraphy and micropaleontology of marine Oligocene in Palu area (northeast of Elazığ, E. Turkey). Geol. Bull. Turkey, v.18(2), pp.175–180.

- Stone, D., Sherman, J., Hofeld, E., 2007.** Arsenic in Oregon community water systems: demography matters. *Sci. Total Environ.* 382 (1), 52–58
- Thakur, J.K., Thakur, R.K., Ramanathan, A.L., Kumar, M., Singh, S.K., 2011,** Arsenic contamination of groundwater in Nepal – an overview. *Water* 3, 1-20.
- Tuna, E., 1979,** Elazığ–Palu–Pertek bölgesinin jeolojisi. TPAO. Rapor no: 1363 (yayımlanmamış).
- Turan M., Aksoy, E. ve Bingöl A.F., 1995,** Doğu Torosların Jeodinamik Evriminin Elazığ Civarındaki Özellikleri., *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7/2, 177-200.
- Türkmen, İ.,1988,** Palu-Çaybağı (Elazığ D’su) Yöresinin Sedimentolojik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, F. Ü.Fen Bil. Enst., 79s.
- Wang, J. S., Wai, C. M., 2004,** Arsenic in drinking water-A global environmental problem. *J. Chem. Educ.* 81 (2), 207-13.
- Wang, S. Mulligan, C.N., 2006,** Occurrence of arsenic contamination in Canada: sources, behavior and distribution, *Sci. Total Environ.* 366,701–721.
- Wilson, J., Schreier, H., and Brown., S. 2008,** Arsenic in groundwater in the Surrey-Langley area. Institute for Resources & Environment, University of British Columbia. Available
- World Health Organization (WHO), 2006,** Guidelines for Drinking-water Quality. 53 pp. Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO), 2006,** Guidelines for Drinking Water Quality, first addendum to third ed.
- World Health Organization (WHO), 2011,** Safety evaluation of certain contaminants in food. Rome

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1990 yılında Fethiye’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elazığ’da tamamladı. 2008 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2012 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2013 yılından itibaren özel sektörde Jeoloji Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

