

**KÜRE (KASTAMONU) Pb-Zn-Cu MADEN ALANI
ÇEVRESİNİN HİDROJEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN VE SU-KAYAÇ
ETKİLEŞİMİNİN İNCELEMESİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Emre ÖZLER

**KÜRE (KASTAMONU) Pb-Zn-Cu MADEN ALANI ÇEVRESİNİN
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE SU-KAYAÇ
ETKİLEŞİMİNİN İNCELEMESİ**

Emre ÖZLER

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Temmuz 2016**

EMRE ÖZLER tarafından hazırlanan “KÜRE (KASTAMONU) Pb-Zn-Cu MADEN ALANI ÇEVRESİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE SU-KAYAÇ ETKİLEŞİMİNİN İNCELEMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

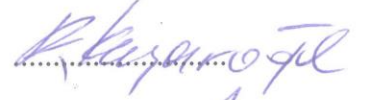


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 22/07/2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU (MSKÜ)



Üye : Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ)



Üye : Doç.Dr.Meral TOPÇU SULAK (KBÜ)



...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Emre ÖZLER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜRE (KASTAMONU) Pb-Zn-Cu MADEN ALANI ÇEVRESİNİN HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN VE SU-KAYAÇ ETKİLEŞİMİNİN İNCELEMESİ

Emre ÖZLER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Temmuz 2016, 92 sayfa

Bu çalışmada, Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu maden alanı ve çevresinin hidrolojik, hidrojeolojik, su kalitesi ve izotopik özelliklerinin saptanması ve ayrıca su-kayaç etkileşiminden ve/veya madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan major ve iz element kirliliklerinin boyutlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı yaklaşık 2990 km² yüzölçümüne sahip olup Küre Pb-Zn-Cu maden alanı ve çevresini drene eden Küre Çayının drenaj alanı ise yaklaşık 440 km² dir.

Bölgenin temelini Paleozoyik yaşlı şeyl ve kuvarsitten oluşan Ballıdağ Formasyonu, kömür damarlı kırıntılardan oluşan Karadon Formasyonu, Mesozoyik Ofiyolitleri ve birbirleriyle geçişli formasyonlara sahip Daday Grubu oluşturmaktadır. Ballıdağ Formasyonu Triyas yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanması, andezit, bazalt lavları ve kireçtaşından oluşan Akgöl Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Dogger yaşlı Kastamonu Granitoyidi bu birimleri kesmektedir. Üst Jura yaşlı kırıntılı ve karbonatlı seviyelerden oluşan Yaralıgöz Grubuna ait olan formasyonların herbiri Liyas öncesi temel üzerine açılmal uyumsuzlukla gelmekte, Akgöl Formasyonu, Kastamonu Granitoyidi ve daha yaşlı birimleri post tektonik olarak örtmekte ve üstte doğru Gökçeada Formasyonuna ile geçişli durum göstermektedir. Gökçeada Formasyonu üzerine karbonat miktarının artması ile marn ve türbiditik kireçtaşı litolojilerini içeren ve Kretase-Paleosen geçişini temsil eden Akveren Formasyonu gelmektedir. Bu birimler üzerine ise Paleosen ve Eosen yaşlı karbonatlı ve kırıntılı seviyeler gelmekte ve en üstte ise alüvyonlar bulunmaktadır.

Çalışma alanının yakın çevresinde bulunan yağış gözlem istasyonlarının ortalama yıllık yağışları 496-1204 mm arasında değişmektedir. Çalışma alanının yıllık ortalama yağışı (1960-2014 yılları arasında) 896 mm olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında bulunan kaynakların debileri kurak dönemde 0.1-25 L/s arasında değişirken, yağışlı dönemde 93 L/s arasında değişmektedir. Büyük debili kaynakların çoğunluğu karstik kireçtaşlarından ve iri taneli kırıntılı seviyelerden boşalmaktadır.

Çalışma alanında bulunan 28 kaynak, 6 kuyu, 4 akarsu ölçüm noktasının arazideki yerleri ve yükseltileri saptanarak haritalanmış ve yerinde ölçümleri yapılmıştır. Bölgede başlıca akifer özelliği gösteren birimler kireçtaşından oluşan İnaltı Kireçtaşı ve kumtaşı-şeyl ardalanması, andezit, bazalt lavları ve kireçtaşından oluşan Akgöl Formasyonudur. Yeraltularının kurak dönemde EC değerleri 305-2785 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH değerleri 6.12-8.26 arasında, Eh değerleri ise 217-854 mV arasında değişirken, yağışlı dönemde EC değerleri 276-2836 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında; pH değerleri 6.31-8.24 arasında; Eh değerleri ise 237-401 mV arasında değişmektedir.

Çalışma alanında aktif olarak çalıştırılan Pb-Zn-Cu maden yatağı bulunmaktadır. Bu maden yatağındaki sülfür mineralleri (özellikle pirit), çalışma alanındaki bazı yeraltularının hafif asidik karaktere sahip olmasına ve yüksek SO_4 içermelerine neden olmaktadır. Çalışma alanında açılmış KS-10 ve KS-27 kuyularında Al, As, Ba, Mn, Ni, Se, Sb ve Pb konsantrasyonları Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular ve Dünya Sağlık Örgütü Standartlarında verilen üst limit değerini aşmaktadırlar. KS-10 kuyusu Akgöl Formasyonunun cevher damarları içeren volkanik kesimlerinde ve maden sıvı

atık havuzu kenarında açılmış bir kuyudur. KS-27 kuyusu ise çalışma alanının bir miktar dışındaki (güneyinde) alüvyonda açılmış bir kuyu olup, 95 m derinliğe ve basınçlı özelliğe sahiptir. Kuyu alüvyonda açılmış olmakla birlikte muhtemelen altta kırıntılı birimlerden oluşan Sakızdağı Formasyonunu (çalışma alanında mostra vermemektedir) ve Mesozoyik Ofiyolitlerini kestiği düşünülmektedir. Ayrıca Akgöl Formasyonuna ait kumtaşlarından (KS-20, KS-21) ve ofiyolitik kayalardan boşalan (KS-28, KS-29, KS-30) yeraltısularında da standartları birkaç kat aşan As kirliliği gözlenmektedir. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu maden alanı ve atıklarını drene eden Ersizlerdere üzerinde alınan KR-3 ölçüm noktasının Al, As, Ba, Mn, Ni, Se, Sb ve Pb konsantrasyonları da içme suyu standartlarında verilen üst limit değerini birkaç kat aşmaktadır.

Yağışlı dönemde genel olarak birçok iz elementin ve majör iyonların konsantrasyonu debi artışına neden olan yağmur ve kar suyu etkisiyle suların seyrelmesine bağlı olarak azalmaktadır. Bununla beraber genel olarak Ba, Co, Ni, Pb ve Sr elementleri ve birkaç kaynaktaki Al, As, Fe, Mn, Sb, Se, Zn elementlerin konsantrasyonları olasılıkla asidik yağmur suyu etkisiyle ortamın Eh ve pH dengesine bağlı olarak kayaların daha fazla çözünmesinden dolayı artış göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Hidrojeoloji, su kimyası, su kirliliği, Küre (Kastamonu).

Bilim Kodu : 903.1.061

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND WATER-ROCK INTERACTION OF THE KÜRE (KASTAMONU) Pb- Zn-Cu MINING AREA AND ITS VICINITY

Emre ÖZLER

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

July 2016, 92 pages

This study aims to determine the hydrological, hydrogeological, hydrochemical, water quality and isotopic properties, and the size of major and trace element pollutions arising from the water-rock interaction and/or mining activities. The study area has a surface area of approximately 2990 km². Küre River which drain Küre Pb-Zn-Cu mine area and its vicinity has also a surface area of about 440 km².

The basement rocks of the study area consist of Paleozoic shale and Ballıdağ Formations consisting of quartzites; Karadon Formation consisting of clastics with coal vein; Mesozoic ophiolite and Daday Group composed of formations which are transitive with each other. Ballıdağ Formation is overlain unconformably by Triassic aged Akgöl Formation consisting of sandstone-shale alternations, andesite, basalt lavas and limestone. Dogger Kastamonu Granitoid cuts all these old units. Each one

of the formations that are members of Yaralıgöz Group which consists of Upper Jurassic clastic and carbonate levels overlays with angular unconformity the pre-Lias units, and post-tectonically covers the Akgöl Formation and Kastamonu Granitoid. Yaralıgöz Group shows a transitive character with Gökçeada Formation. Akveren Formation which represents Cretaceous_Paleocene transition and contains marl and limestone with increase of carbonate overlies Gökçeada Formation. Over these units Paleocene and Eocene carbonate and clastic rocks are present. The uppermost lithological unit is alluvium.

The mean annual precipitation of the precipitation gauging stations located around the study area ranges between 496-1204 mm. The mean annual precipitation of the study area (between the years 1960-2014) is calculated as 896 mm. Discharges of the springs in the investigation area in the dry period range between 0.1-25 l/s, whereas in the rainy period range between 0.1-93 l/s. Most of the spring with high flows discharge from karstic limestone and coarse grained clastic levels.

28 springs, 6 wells, 4 river measurement points located in the study area were mapped and their locations and altitudes were determined and the measurements were carry out in situ. The units indicating primary aquifer characteristics in the region are the İnaltı Limestone consisting of limestone and Akgöl Formation consisting of sandstone-shale alternations, andesite, basalt lavas and limestone. Electrical conductivity (EC), pH, oxidation–reduction potential (Eh) values of groundwater in the dry period range between 305-2785 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 6.12-8.26 and 217-854 mV, respectively. EC, pH, Eh values of groundwater in the rainy period range between 276-2836 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 6.31-8.24 and 237-401 mV, respectively.

In the study area there is ongoing Pb-Zn-Cu mining activity. Sulfide minerals in the region generally contribute acidification and groundwater contain high SO_4 . Al, As, Ba, Mn, Ni, Se, Sb and Pb concentrations in the KS-10 and KS-27 wells exceed the maximum limit concentrations in the Turkish Standards for Water Intended For Human Consumption (TS-266-2005) and World Health Organization Regulations (WHO-2006). KS-10 well is a well drilled in the volcanic rocks containing ore veins in the Akgöl Formation. The well is drilled on the edge of mine liquid waste pool.

KS-27 well is a well drilled in the alluvium which located outside (in the south) of the study area and it has a 95 m depth and artesian feature. Although the well is drilled in alluvium, it's thought that it cuts the Sakızdağı Formation which consist of clastic layer and Mesozoic Ofiyolites. In addition, As pollution, which exceed the standards several times, is determined in the groundwater discharging from sandstone of Akgöl Formation (KS-20, KS-21) and ophiolitic rocks (KS-28, KS-29, KS-30). The Al, As, Ba, Mn, Ni, Se, Sb, Pb concentrations of the KR-3 measurement point located on the Ersizler River which drains the Pb-Zn-Cu mining site and its dumps exceed several times the limits given in the drinking water standards.

Many trace element and major ion concentrations in the rainy season decreases depending on dilution effect of rain and snow water which causing the increase of discharge. However, in general Ba, Co, Ni, Pb and Sr elements and Al, As, Fe, Mn, Sb, Se, Zn concentrations in several springs increase probably due to acidic rain water because of the increasing solution rate in rocks due to Eh- pH balance.

Key Words : Hydrogeology, water chemistry, water contamination, Küre (Kastamonu).

Science Code : 903.1.061

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu projenin gerçekleştirilebilmesi için maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teőekkürlerimi bir borç bilerek, bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN'e, arazi çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Kastamonu İl Özel İdaresi Su ve Kanalizasyon Şube Müdürü Şükrü DEMİRKAPI'ya, Kastamonu İl Özel İdaresi çalışanlarına (özellikle Kadir ÖMEROğLU) ve çalışma alanı içerisinde bulunan köy muhtarlıklarına ve köy halkına çok teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	x
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
EKLER DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1.	1
ÇALIŞMANIN AMACI	1
1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	1
1.1.1. Çalışma Alanının Yeri	1
1.1.2. İklim.....	1
1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	3
1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM 2.	7
JEOLojİ.....	7
2.1. LİTOSTRATİGRAFİK BİRİMLER.....	7
2.1.1. Karadon Formasyonu.....	8
2.1.2. Ballıdağ Formasyonu.....	9
2.1.3. Çakraz Formasyonu	9
2.1.4. Mesozoik Ofiyoliti.....	10
2.1.5. Akgöl Formasyonu	11
2.1.5.1. Küre Lav Üyesi	11
2.1.5.2. Kayabaşı Kireçtaşı Üyesi	12
2.1.6. Daday Grubu.....	12
2.1.6.1. Gürleyik Formasyonu	12

	<u>Sayfa</u>
2.1.6.2. Başakpınar Metakarbonatı	13
2.1.6.3. Sarıçam Formasyonu	13
2.1.7. Kastamonu Granitoyidi.....	13
2.1.8. Yaralıgöz Grubu	14
2.1.8.1. Bürnük Formasyonu.....	14
2.1.8.2. İnaltı Kireçtaşı.....	15
2.1.8.3. Ulus Formasyonu	15
2.1.9. Kapanboğazı Formasyonu	15
2.1.10. Gökçeada Formasyonu.....	16
2.1.10.1. İnebolu Volkanik Üyesi	16
2.1.11. Akveren Formasyonu.....	17
2.1.12. Pervanekaya Formasyonu	17
2.1.12.1. Kırıntılı Üyesi	17
2.1.13. Çaylak Formasyonu	18
2.1.14. Atbaşı Formasyonu.....	18
2.1.15. Kusuri Formasyonu	19
2.1.15.1. Ayancık Üyesi.....	19
2.1.16. Boyabat Formasyonu	20
2.1.17. Yukarıköy Formasyonu	20
2.1.18. Yamaç Molozu.....	20
2.1.19. Alüvyon	20
2.2. BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLJİ	21
BÖLÜM 3.	22
HİDROLOJİ.....	22
3.1. YAĞIŞ VERİLERİ VE ANALİZLERİ	22
3.2. AKARSULAR, AKIM VERİLERİ VE ANALİZLERİ.....	28
BÖLÜM 4	31
HİDROJEOLJİ.....	31

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5	38
SU KİMYASI	38
5.1. KAYNAK SULARI	39
5.1.1. Genel Kimyasal Değerlendirme	39
5.1.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme	48
5.1.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme	57
5.2. AKARSULAR.....	62
5.2.1. Genel Kimyasal Değerlendirme	62
5.2.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme	63
5.2.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme	65
5.3. DOYGUNLUK ANALİZİ	71
BÖLÜM 6	75
İZOTOP HİDROJEOLJİSİ	75
6.1. İZOTOP VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	75
6.1.1. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi	77
6.1.2. Tritiyum İle Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini	79
6.2. SONUÇLAR	81
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu kabartma haritası.....	3
Şekil 3.1. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının yağış kayıt uzunlukları	24
Şekil 3.2. İnceleme alanının yağış haritası.....	25
Şekil 3.3. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının yıllık toplam yağış grafiği	26
Şekil 3.4. İnebolu Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.....	26
Şekil 3.5. Kastamonu Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.....	27
Şekil 3.6. Bozkurt Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği	27
Şekil 3.7. Devrekani Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği	28
Şekil 3.8. Çalışma alanındaki katı (üst) ve sıvı (alt) maden atık alanları ve sıvı atıkların verildiği Ersizlere	30
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki karstik yapı gösteren İnaltı Kireçtaşından boşalan bazı kaynaklar	33
Şekil 4.2. Çalışma alanındaki Mesozoik Ofiyolitlerinden (bazik seviyeleri) boşalan bazı kaynaklar	33
Şekil 4.3. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu Madeni çevresi ve bu bölge içinde açılmış (Küre Lav Üyesi) açılmış kuyular.....	34
Şekil 4.4. Çalışma alanındaki karstik yapı gösteren Kayabaşı Üyesinden (Akyol Formasyonu) boşalan KS-19 Başoluk Kaynağı	35
Şekil 5.1. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda karşılaştırılması (Kurak Dönem).....	45
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı Dönem)	46
Şekil 5.3. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik diyagramda karşılaştırılması (Kurak Dönem)	46
Şekil 5.4. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı Dönem).....	47
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Kurak Dönem)	59
Şekil 5.6. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı Dönem).....	60

Sayfa

Şekil 5.7. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak Dönem).....	61
Şekil 5.8. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı Dönem)	62
Şekil 5.9. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen diyagramda karşılaştırılması (Kurak Dönem).	66
Şekil 5.10. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı Dönem).....	66
Şekil 5.11. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik diyagramda karşılaştırılması (Kurak Dönem).....	67
Şekil 5.12. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı Dönem).	67
Şekil 5.13. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı) (Kurak Dönem).....	68
Şekil 5.14. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı Dönem)	69
Şekil 5.15. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak Dönem).....	70
Şekil 5.16. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı Dönem)	71
Şekil 6.1. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. İnceleme alanı ve çevresinde yer alan yağış gözlem istasyonlarına ait bilgiler	23
Çizelge 3.2. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının 1960-2014 yılları arasındaki aylık ortalama yağış değerleri (mm) (gözlenen ve hesaplanan değerlere göre)	23
Çizelge 3.3. Akarsularda yapılan arazi ölçüm değerleri	29
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri	36
Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları	44
Çizelge 5.2. Çalışma alanındaki suların kimyasal ve iz element sonuçları (ppb).....	52
Çizelge 5.3. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (TS-266-2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006)	56
Çizelge 5.4. Çalışma alanındaki suların mineral doyumluk indeksleri.....	73
Çizelge 6.1. Çalışma alanındaki büyük debili ve/veya asidik kaynakların izotop analiz sonuçları	76
Çizelge 6.2. Clark ve Fritz (1997) in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım.....	80

EKLER DİZİNİ

(Aşağıdaki ekler arka kapaktaki ceptedir)

Ek I. Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu Maden Alanı Çevresinin Jeoloji-Hidrojeoloji Haritası



BÖLÜM 1

ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma kapsamında, Küre (Kastamonu) Pb-Zn-Cu maden alanı ve çevresindeki su kaynaklarının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik özelliklerinin, birbiriyle ilişkilerinin, sulama suyu ve içme suyu olarak kullanılabilme olanaklarının ve bölgedeki yeraltısuyu kirliliğinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

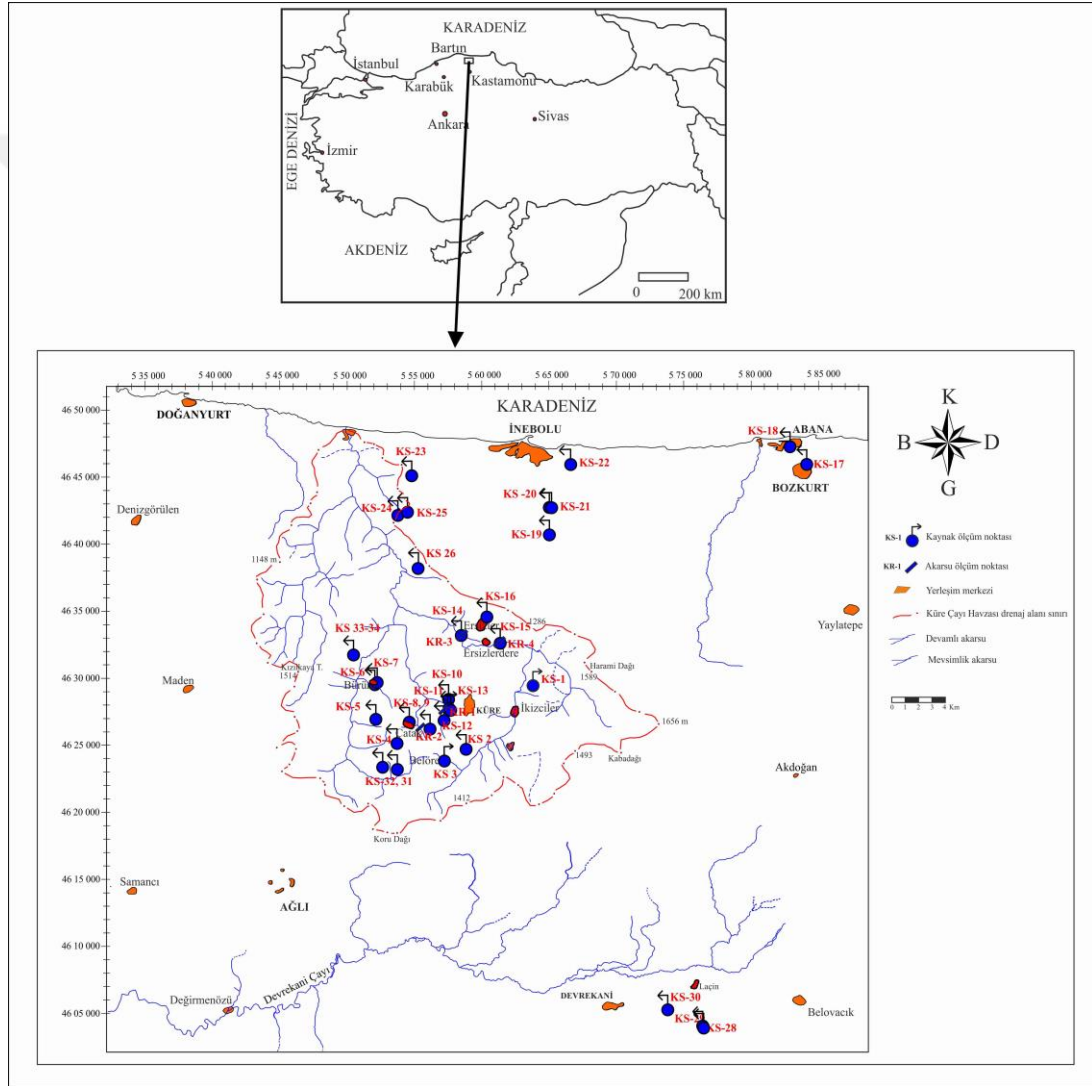
1.1.1. Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanı Kastamonu ilinin kuzeyinde yer alan Küre ilçesi ve çevresini kapsamakta olup, Kastamonu E-30, E-31 ve E-32 içerisinde bulunan yaklaşık 2990 km² lik alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1, Şekil 1.2).

1.1.2. İklim

Kastamonu İli'nde iki ayrı iklim tipi görülmektedir. İlin kuzeyinde Karadeniz iklimi egemen iken, güneyde İç Anadolu ikliminin etkilerine rastlanmaktadır. Çalışma alanını oluşturan Küre ilçesi ilin kuzeyinde bulunmakta olup, ılıman ve yağışlı olan Karadeniz iklimine sahiptir. İlin iklimini biçimlendiren etkenlerin en önemlilerinden biri yeryüzü şekilleridir. Kastamonu İli'nin kuzeyinde kıyıya paralel olarak uzanan Küre Dağları, ilin kıyı kesimleri ile iç kesimler arasında bir engel oluşturmaktadır. Bu nedenle, iç kesimlere doğru Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmakta, yerini İç Anadolu ikliminin sert ve karasal özellikleri almaktadır. (<http://www.kastamonukultur.gov.tr>).

Kastamonu yöresinde kıyı ve iç kesimler arasında sıcaklık farkı da oldukça belirgindir. İnebolu ve Bozkurt istasyonlarının 1965-2014 yılları arasındaki ortalama sıcaklıkları 13.2 °C olup, Kastamonu ve Devrekani istasyonlarının ise sırasıyla 9.8 °C ve 7.7 °C'dir. Bölgede en soğuk aylar Ocak ve Şubat ayları, en sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır. İnebolu, Bozkurt, Kastamonu ve Devrekani istasyonlarının Ocak ayı sıcaklık ortalamaları sırasıyla 5.9 °C, 5.5 °C, -0.9 °C, -2.1 °C olup, Ağustos ayı ortalamaları ise sırasıyla 22.0 °C, 21.9 °C, 20.0 °C, 17.1 °C'dir.



Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası.



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu haritası.

1.2. ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Küre ve çevresinin hidrojeolojisini konu alan araştırmanın arazi çalışmaları kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde, Eylül 2014 tarihinde başlamış olup Mayıs 2015 tarihinde tamamlanmıştır. Çalışma alanının jeolojisi bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada, Altun vd. (1990), Uğuz ve Sevin (2007) ve Uğuz ve Sevin (2010)'in jeoloji çalışmaları esas alınarak alanın 1:100 000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur (Ek-1).

Arazi çalışması sırasında çalışma alanındaki 34 yeraltısuyu (28 kaynak, 6 kuyu) ve 4 yüzeysuyu noktasından yerinde debi, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), pH, ORP (Eh) ve sıcaklık ölçümleri yapılmış ve major iyon, iz element ve izotopik analizler için su örnekleri alınmıştır. Kimyasal ve izotopik analizler için su örnekleri polietilen şişelere alınmıştır. EC ve pH ölçüm problemleri araziye çıkmadan önce kalibrasyon çözeltisi ile kalibre edilmiştir. Eh ölçümleri YSI 256 model multiparametre cihazına ait zobell (potasyum klorür, potasyum ferrosiyanit trihidrat, potasyum ferrosiyanit) referans çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca ORP değerleri, sıcaklığa bağlı olarak YSI 256 model ölçüm cihazının kataloğunda belirtildiği gibi yaklaşık 200 mV eklenerek Eh'a dönüştürülmüştür. İz element analizleri için su örnekleri 0.45 µm filtresi ile filtrelendikten sonra nitrik asit çözeltisi ile pH'ları 2.0'nin altına düşürülmüştür. Tüm analizler için su örnekleri analizlerden önce buzdolabında saklanmıştır. Hacettepe

Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboatuvarında, yüksek performanslı iyon kromatografi cihazı kullanarak majör, anyon ve katyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Tritiyum analizleri, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevresel Tritiyum Laboratuvarında elektrolitik zenginleştirmeli sıvı sentilasyon sayıcı kullanılarak yapılmıştır. İz element analizleri çift plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboatuvarında, oksijen-18 ve döteryum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Laboatuvarında kütle spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Suların fiziksel, kimyasal, izotopik bileşimleri yardımıyla ilgili diyagram ve grafikler kullanılarak suların çeşitli özellikleri saptanmış ve ayrıca Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve 29 Nisan 2005’de revize edilen Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) ile karşılaştırılarak içme suyuna uygun olup olmadıkları saptanmıştır.

1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanını ve yakın çevresinde herhangi bir hidrojeoloji amaçlı çalışma olmayıp, bölgede bazı jeoloji ve maden yatakları araştırmaları değişik araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Bu araştırmaların başlıcaları aşağıda özetlenmiştir.

Çağatay vd. (1982) Küre Piritli Bakır Yataklarının Kobalt-Bakır Mineralleri ve Yataklarının Bu Metaller Açısından Ekonomik Değeri adlı çalışmalarında Küre yataklarında ana mineral olarak pirit ve kalkopirit’in varlığını belirtmişlerdir. Bunların yanında kobalt mineralleri ve nabit altının oluşumundan bahsetmiş ve bunların ekonomik değerlerinin yüksek olduklarını belirtmişlerdir.

Canbazoğlu vd. (1985) Küre Piritli Bakır Cevherlerinden Kobalt, Bakır, Altın ve Gümüşün Hidrometalurjik Süreçlerle Kazanılma Olanakları adlı çalışmalarında 3 yöntemden bahsedilmiş ve bunlardan birinde başarı sağlanmıştır. Sülfatlayıcı kavurma ve klorlayıcı buharlaştırma süreçlerinin başarılı olarak; küllerden yüksek

verimle Cu, Co, Au ve Ag kazanıldığını ve oluşan süreç artıklarının demirin hammaddesi olarak kullanılabilir nitelikte elde edildiği ifade etmektedirler. Doğrudan hidrometalurjik süreçlerle metalik değerlerin kazanılmasında başarısız sonuç alınmasında; kobaltın mineral şeklinde olmayıp pirit ve kalkopiritle izomorf olarak bulunması neden gösterilmiştir. Cevherlerden elde edilecek pirit küllerinin değerlendirilmesinde klorlayıcı kavurma süreci istenilen başarıyı sağlayamadığı belirtilmektedir.

Şengün vd. (1990) Kastamonu Yöresinin Jeolojisi ve Paleotetis'in Evrimine İlişkin Jeolojik Sınırlamalar adlı makalelerinde Paleotetis'in Pontidler ile Anatolidler arasında yer almış olduğu ve kuzey yönlü bir yitimle, Permo-Karbonifer ile Erken Tersiyer arasında progresif olarak yok olduğu görüşü savunduklarını belirtmektedirler.

Atak vd. (1993) Küre Tesisi Bakır Konsantresi Tenörünün Kolon Flatasyonu ile Yükseltilmesi adlı çalışmalarında Küre konsantratöründe üç kademeli temizleme ile üretilen % 11-13 Cu içerikli konsantre, iki kademe halinde kolon flatasyonunda temizlendiğinde, % 18-20 Cu içeren bir nihai konsantre edilebildiğini ve kolon artıklarının tesisin mekanik flotasyon devresinde değerlendirilebildiğini belirtmektedirler.

Koç vd. (1995) Küre (Kastamonu) Cevherleşmelerini İçeren Volkanitlerin Jeolojisi, Jeokimyası ve Jeotektonik Konumu adlı çalışmalarında volkanitler içinde yer alan bakırlı pirit cevherleşmelerinin, literatürde verildiği gibi Kıbrıs tipi olmayıp, Kieslager tipi cevherleşme olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, Küre volkanitlerinin yay önü havzalarda, volkanizmanın ilk aşama ürünleri olarak ortaya çıkmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çakır (1995) Aşıköy-Toykondur (Küre-Kastamonu) Masif Sülfid Yataklarının Jeolojik Özellikleri adlı çalışmasında Aşıköy ve Toykondur yatakları görünür kategorisinde % 1.99 Cu ve % 35.13 S tenörlü toplam 10.4 milyon ton cevher içerdiğini ve esas minerallerin pirit ve kalkopirit olduğunu anlatmaktadır. Ayrıca ekonomik açıdan önemli kobalt minerallerinden linneit, bravoit ile nabit altına

rastlandığını ve diğer sülfürlü ve oksitli birincil mineraller ile ikincil mineraller ekonomik yönden önemli görülmediğini belirtmiştir.

İbret (1998) Kastamonu'nun Su Kaynakları adlı çalışmasında Kastamonu'nun su potansiyelinin oldukça zengin olduğunu ve il genelinde büyük akarsularla birlikte irili ufaklı birçok derenin bulunduğunu ve yeraltısuyu araştırmalarında sadece Tosya ilçesindeki kuyuların verimli bir şekilde kullanılabildiğini belirtmiştir.

Özmen (2001) Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi adlı çalışmasında Kastamonu ili Deprem Haritasını yüz ölçümüne göre 4 ayrı tehlike grubuna ayırmış ve % 46'sını I.derece olarak gruplandırmıştır. Ayrıca Kuzey Anadolu Fay Hattının Gerede-Niksar arasında kalan bölümünde 100 yıl içerisinde oluşacak $M \geq 7.5$ bir depremin olasılığını %86 olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmaların dışında ayrıca bölgede Hamilton (1842), Schimidt (1911), Lucius (1925), Kırk (1935), Pilz (1937), Kovenko (1939 a, b), Blumenthall (1948), Tokay (1949), Geiss (1954), Göktunalı (1955), Ketin (1962), Ketin ve Gümüş (1962, 1963), Akyol vd. (1974), Apat vd. (1978), Eren (1979), Yılmaz (1979, 1980), Yılmaz ve Tüysüz (1984), Barka vd. (1985), Aydın vd. (1986), Şengün vd. (1988), Yergök vd. (1987, 1989), Derman (1990), Altun vd. (1990), Akman vd. (1995), Aydın vd. (1995), Boztuğ ve Yılmaz (1995), Tunoğlu ve Batman (1995), Uğuz ve Sevin (2007) ve Uğuz ve Sevin (2010) gibi araştırmacılar tarafından değişik amaçlı jeolojik araştırmalar yapılmıştır.

BÖLÜM 2

JEOLOJİ

2.1. LİTOSTRATİGRAFİK BİRİMLER

Çalışma alanındaki litostratigrafik birimleri belirtilirken Altun vd. (1990), Uğuz ve Sevin (2007) ve Uğuz ve Sevin (2010)'ın çalışmaları baz alınmıştır. Buna göre yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Altun vd., 1990, Uğuz ve Sevin, 2007 ve Uğuz ve Sevin, 2010).

1. Karadon Formasyonu
2. Ballıdağ Formasyonu
3. Çakraz Formasyonu
4. Mesozoyik Ofiyolitleri
5. Akgöl Formasyonu
 - 5.1. Küre Lav Üyesi
 - 5.2. Kayabaşı Kireçtaşı Üyesi
6. Daday Grubu
 - 6.1. Gürleyik Formasyonu
 - 6.2. Başakpınar Metakarbonatı
 - 6.3. Sarıçam Formasyonu
7. Kastamonu Granitoyidi
8. Yaralıgöz Grubu
 - 8.1. Bürnük Formasyonu
 - 8.2. İnaltı Kireçtaşı
 - 8.3. Ulus Formasyonu
9. Kapanboğazı Formasyonu (Kk)
10. Gökçe ağaç Formasyonu
 - 10.1. İnebolu Volkanik Üyesi

11. Akveren Formasyonu
12. Pervanekaya Formasyonu (KTpp)
 - 12.1. Kırıntılı Üyesi (KTppk)
13. Çaylak Formasyonu
14. Atbaşı Formasyonu (Tpea)
15. Kusuri Formasyonu (Tek)
 - 15.1. Ayancık Üyesi (Tek)
16. Boyabat Formasyonu
17. Yukarıköy Formasyonu
18. Yamaç Moluzu
19. Alüvyon

Bölgenin temelini Paleozoyik yaşlı şeyl ve kuvarsitten oluşan Ballıdağ Formasyonu, kömür damarlı kırıntılılardan oluşan Karadon Formasyonu ve Mesozoyik Ofiyolitleri ve birbirleriyle geçişli formasyonlara sahip Daday Grubu oluşturmaktadır. Ballıdağ Formasyonu Triyas yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanması, andezit, bazalt lavları ve kireçtaşıdan oluşan Akgöl Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Dogger yaşlı Kastamonu Granitoyidi bu birimleri kesmektedir. Üst Jura yaşlı kırıntılı ve karbonatlı seviyelerden oluşan Yaralıgöz Grubuna ait olan formasyonların herbiri Liyas öncesi temel üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmekte, Akgöl Formasyonu, Kastamonu Granitoyidi ve daha yaşlı birimleri post tektonik olarak örtmekte ve üste doğru Gökçe ağaç Formasyonuna ile geçişli durum göstermektedir. Gökçe ağaç Formasyonu üzerine karbonat miktarının artması ile marn ve türbiditik kireçtaşı litolojilerini içeren ve Kretase-Paleosen geçişini temsil eden Akveren Formasyonu gelmektedir. Bu birimler üzerine ise Paleosen ve Eosen yaşlı karbonatlı ve kırıntılı seviyeler gelmekte ve en üstte ise alüvyonlar bulunmaktadır.

2.1.1. Karadon Formasyonu (Cka)

Ralli (1933) tarafından adlandırılan birim çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, şeyl ve diyatomitten oluşmakta olup, çalışma alanının batısında küçük bir alanda mostra vermektedir. Karadon Formasyonu sarımsı gri renkli, ince-orta tabakalı çakıltaşı, kumtaşı, kiltası ve şeyllerden oluşmaktadır ve yüksek kalorili kömür damarları

içermektedir. Menderesli akarsu ortamında çökelmiş birimin kalınlığı yaklaşık 200 metre olup, birçok araştırmacı tarafından bulunan fosillere göre Westfaliyen B, C, D yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2010).

2.1.2. Ballıdağ Formasyonu (Pzb)

Formasyon Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılmıştır. Birim Hasandağ kuzeyinde küçük alanlarda mostra vermektedir. Birim altta kuvarsit ile başlar ve mor yeşil şeyl ardalanması ile devam eder. Bazı yerlerde birkaç metre veya birkaç on metre kalınlık gösteren kuvarsit, yer yer şeyl içinde 1-2 m kalınlıkta bantlar olarak izlenebilir. Kuvarsit masif ve kalın katmanlıdır. Şeyl genellikle kil boyutunda kil mineralleri ve çok az miktarda kuvars siltinden oluşmuştur. Çalışma alanında yaş verecek fosil bulunamamıştır (Altun vd. 1990). Fakat Prekambriyen yaşlı metamorfik temel üzerinde uyumsuz olarak bulunması (Boztuğ, 1986), çalışma alanı batısında yapılmış bir çalışmada kuvarsitler ile girik şeyller içerisinde graptolitlerin varlığı ve Akyol ve diğerleri (1974) tarafından Kambriyen dahil Paleozoyik yaşlı bir çökel paketini saptamaları nedeniyle Altun vd. (1990) birime Alt Paleozoyik-Permiyen yaşını vermişlerdir.

2.1.3. Çakraz Formasyonu (PTRç)

Akyol vd. (1974) tarafından adlandırılan formasyon akarsu ve taşkın ovası ortamında çökelmiş, karasal kırmızı renkli çakıltaşı mercekleri içeren şeyl, çamurtaşı, kumtaşından oluşmaktadır. Birim çalışma alanının batı kesiminde çok dar bir alanda gözlenmektedir. Şeyl-çamurtaşı seviyeleri ince-orta katmanlanma gösterirken kumtaşı-çakıltaşı seviyeleri orta-masif katmanlanma göstermektedir. Çalışma alanı batısında Gedik ve Aksay (2002) birimin kalınlığının 600-700 m olduğunu belirtmişlerdir. Alişan ve Derman (1995) birimin üzerine gelen birimlerin palinolojik verilere göre formasyonun Geç Triyas yaşlı olabileceğini belirtirken, Akyol vd. (1974), Yergök vd. (1987) ve Akman (1993) ise Permo-Triyas yaşlı olabileceğini ifade etmişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2010).

2.1.4. Mesozoyik Ofiyoliti (Mof)

Birim başlıca eklojitli ultramafit, peridodit, serpantinit ve gabro, diyabaz, bazalt lavı, çört, radyolarit ve çamurtaşından oluşur. Ofiyolitler Küre çevresinde ve Devrekani doğusunda yüzeylemektedir. Pilz (1937) yaşını Erken Kretase olarak tahmin ettiği şist-gre topluluğunun serpantin, gabro, diyabaz, granit ve diyoritlerle kesildiğini söylemiştir. Birimi birçok farklı araştırmacı farklı adlarla incelemişlerdir.

Serpantinitler taze yüzeyinde tipik yeşil renkli, yağ parlaklığında; ayrışmış yüzeyinde mat, siyahımsı-kahverengimsi pas rengindedirler ve makaslama düzlemleri boyunca yapraklanma kazanmışlardır. İçinde yaygınca kromit cevherleşmelerine rastlanan serpantinitlerde sıkça elek dokusu gözlenir. Peridodit ve serpantinitlerden sonra düzenli ofiyolitin üstte doğru bir başka elemanı gabrodur. Gabrolar alacalı, siyah-beyaz renkli, bol eklemlili, sert yapılı, iri kristallidir; katmanlı gabrodan masif gabroya, pegmatitik gabrodan mikrogabroya kadar değişimler sunar. Altta yer alan serpantinitler ile gabro arasında geçişler gözlenmektedir. Gabrolar alt düzeylerinde katmanlıdır; katmanlarına mafik ve felsik mineral araldanmasından oluşur. Üst düzeylere doğru katmanlı gabrodan masif gabroya geçilir. Gabro içinde diyabaz dayklarına rastlanır. Düzenli ofiyolitin üst bölümlerinde yeralan diyabazlar yeşil, açık yeşil, siyahımsı yeşil renkli, ince-çok ince taneli ve oldukça serttir. Düzenli ofiyolitin en üst düzeylerinde yeralan bazalt lavları genellikle yastık yapılı olup üstte doğru çamurtaşı ve çörtten oluşan çökel katkıları içeren lav-çökel dizisine dönüşür. Lavlardaki yastık yapısı üst düzeylere doğru giderek som lavlara dönüşür. Bazalt lavları düzenli ofiyolitin öteki bölümlerine göre metamorfizmadan daha az etkilenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

Düzenli ofiyolitin alt ilişkisi tektoniktir; yükselteler boyunca güney, güneybatı-kuzey, kuzeydoğu uzanımlı bir gidişle, çalışma alanının güneydoğusunda Gürleyik üzerine itilmiş konumdadır. Üst düzeylerindeki lav-çökel dizisi, üstte doğru tümüyle pelajik çökellere geçer ve bu pelajik çökeller epiofiyolitik özellikli Akgöl Formasyonu tarafından geçişli ilişkiyle üzerlenir.

Yılmaz (1979) tarafından Taşköprü-Devrekani arasında kalan bölgede birimin Malm yaşlı konglomeralarla örtülü oluşu nedeniyle Jura öncesi ve muhtemelen Paleozoyik yaşında olabileceği belirtilmiştir. Şengün vd. (1988) ofiyolitlerin kuvarşça zengin granitlerle kesildiğini ve Akgöl Formasyonunun çökelleri tarafından da örtüldüğünü ifade etmişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

2.1.5. Akgöl Formasyonu (TRJa)

Birim, Ketin ve Gümüş (1962) tarafından adlandırılmış olup çalışma alanında çok geniş mostralara vermektedir. Formasyon Küre Lav ve Kayabaşı Kireçtaşı üyelerine ayrılmıştır. Karakaya grubunun (Bingöl, 1983, 1984) eşdeğeri olduğu sanılmaktadır (Uğuz ve Sevin, 2007).

Akgöl Formasyonunun büyük bölümü kumtaşı-şeyl aralanmasından oluşmaktadır. Kumtaşı esas olarak kuvars ve feldspat kumu, daha az olarak bazik volkanik kayaç parçaları, kireçtaşı kırıntıları kapsamakta, flişin alt kesiminde kumtaşlarında hemen hemen hiç karbonat görülmemekte ve kireçtaşı seviyelerine doğru karbonat çimento izlenmektedir. Kil matriks oldukça fazla olup boylanma kötüdür. Taneler köşeli veya yarı köşelidir. Altta ultrabazik kayaçlar ile tektonik ilişkili olup Yaralıgöz Grubu çökelleri ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin içinde Kastamonu Granitoyitlerine ait stok ve dayklara çok sık olarak rastlanabilmektedir (Uğuz ve Sevin, 2007). Uğuz ve Sevin (2007) tarafından birimin yaşı Kayabaşı Kireçtaşı Üyesinin kapsadığı foraminifer ve konodontlara göre Triyas olarak belirtilmiştir. Fakat araştırmacılar bazı ammonit tanımlamaları ve geniş yaş aralığı veren foraminifer faunaları nedeniyle birimin yaşının erken Liyas'a kadar çıkabileceğini düşündüklerini ifade etmişlerdir.

2.1.5.1. Küre Lav Üyesi (TRJak)

Üye Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılmıştır. Küre çevresinde mostra veren lavlar koyu renkli, masif andezit ve bazalt bileşindedir. Ayrıca ender olarak dasit bileşiminde kayaçlara rastlanılmaktadır. Kayaç örnekleri makaslanmış olup tazedir.

Masif lavları ince bir silttaşı-kiltası ar dalanması ve yastık lavlar izlemektedir. Küre lav üyesi altta ultrabazik kayalarla tektonik ilişkili olup üste doğru Akgöl Formasyonunun kumtaşı-silttaşı ar dalanması ile geçişli olarak devam etmektedir (Uğuz ve Sevin, 2007). Uğuz ve Sevin (2007) tarafından birimin üst düzeylerde yer alan Orta-Üst Triyas yaşlı kireçtaşlarından daha yaşlı olduğu saptanmıştır.

2.1.5.2. Kayabaşı Kireçtaşı Üyesi (TRJaka)

Birim Ataman ve diğ., (1977) tarafından adlandırılmış olup, pembe, gri, orta-kalın katmanlı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Granitlerle kesildiği lokasyonlarda kristalize olmuştur (Uğuz ve Sevin, 2007). Çalışma alanında Küre ilçesi güneydoğusunda ve Göynükdağı güneyinde yüzeyleyen birimden Uğuz ve Sevin (2007) tarafından alınan örneklere göre birimin yaşı Alt Triyas-Liyas arasında olabileceği belirtilmiştir. Önder vd., (1987) tarafından yapılmış konodont değerlendirmelerine göre ise birimin yaşı Orta-Üst Triyas yaşlı olabileceği saptanmıştır.

2.1.6. Daday Grubu

Bu grup, aktif bir kıta kenarının dilimlenmesi ile oluşmuş metamorfik kayaç dilimlerini kapsamaktadır. Alttan üste doğru Gürleyik Formasyonu, Başakpınar Metakarbonatı, Sarıçam Formasyonu olarak üçe ayrılmıştır. Yaşı ise saptanamamıştır (Altun vd. 1990).

2.1.6.1. Gürleyik Formasyonu (dg)

Yılmaz (1979) tarafından Gürleyik Gnaysı olarak adlandırılmasına karşın kapsadığı gnays, amfibol gnays ve amfibolit gibi değişik kaya türleri nedeniyle formasyon mertebesinde değerlendirilmiş ve Altun vd. (1990) tarafından Gürleyik Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim çalışma alanının güneyinde Devrekani çevresinde mostra vermektedir. Çalışma alanında birimin tabanı görülmemektedir. Üstte ise Başakpınar metakarbonatı ile geçişlidir (Altun vd. 1990).

Aydın vd. (1995) tarafından Gürleyik gnaysında K/Ar yöntemiyle yaşlandırma analizi yapılmış ve yaşının Karbonifer'e denk gelen 311 ± 6.2 my olabileceği saptanmıştır. Ancak yine aynı birimden Yılmaz ve Bonhomme (1991) tarafından yine K/Ar yöntemiyle yapılan yaşlandırma çalışmalarında, muskovit ve homblendlerde 170 ± 10 my, biyotitlerde ise 149 ± 4 my ile 162 ± 5 my'lık yaşlar elde edilmiştir. Bu değerler de, Erken-Orta Jura'ya karşılık gelmektedir. Altun vd., (1990) tarafından Devrekani Metamorfizminin Malm yaşlı çökellerle diskordanslı olarak örtülmesi nedeniyle, birimin yaşının Geç-Orta Jura'ya kadar çekilebileceği belirtilmiştir. Buna göre Gürleyik Gnaysının yaşı, bu çalışma için Pre-Malm olarak kabul edilmiştir. Yılmaz (1980) birimin yaklaşık 1250 m kalınlık sunduğunu belirtmiştir (Altun vd. 1990).

2.1.6.2. Başakpınar Metakarbonatı (db)

Birim, Yılmaz (1979) tarafından adlandırılmış olup, Devrekani kuzeydoğusunda mostra vermektedir. Mermer, dolomitik mermer, şisti mermer ve kalkışitlerden oluşur. Mermer ince-orta katmanlı, dolomitik mermerler kalın katmanlı veya masiftir. Birim, altta bulunan Gürleyik Formasyonu ile geçişlidir. Gürleyik formasyonu ve Başakpınar metakarbonatının Prekambriyen yaşlı olduğu önerisine (Yılmaz, 1979) karşın bu birimlerin Alt Paleozoyik yaşlı da olabileceği düşünülmektedir (Yılmaz ve Tüysüz, 1984; Altun vd. 1990).

2.1.6.3. Sarıçam Formasyonu (ds)

Birim Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılmış olup, Fillit, kuvars şist gibi metapellitlerle imbrike veya girik metabaziklerden oluşmaktadır ve çalışma alanında mostra vermemektedir. Masif örneklerde yaygın olarak kloritleşme ve albitleşme izlenmektedir (Altun vd. 1990). Altun vd. (1990) tarafından Sarıçam Formasyonunun büyük bir olasılıkla Akgöl Formasyonunun metamorfik karşılığı olduğu, ilişkide olduğu tüm birimlerle tektonik dokanıklı olarak bulunduğu ve yaşının Apsiyen öncesi olabileceği belirtilmiştir.

2.1.7. Kastamonu Granitoyidi (Jk)

Birim Boztuğ (1986) tarafından adlandırılmış olup, başta Küre ve Devrakani çevresi olmak üzere çalışma alanında geniş bölgelerde mostra vermektedir. Granitlerin bileşimi siyeno-granit ile grano-diyorit arasında değişmektedir. Kastamonu granitoyidleri, Akgöl Formasyonuna ek olarak Alt Paleozoyik yaşlı birimleri de kesmektedir. Yılmaz (1979)'a göre yaşı Dogger'dir (Altun vd., 1990).

2.1.8. Yaralıgöz Grubu (Jky)

Yaralıgöz Grubu Yılmaz (1979) tarafından adlandırılmış olup, alttan üste doğru ve yanal olarak birbirine geçişli olan Bürnük Formasyonu, İnaltı Kireçtaşı ve Ulus Formasyonlarından oluşmaktadır. Bürnük Formasyonu; karasal ve sığ denizel kırıntılı birimleri, İnaltı Kireçtaşı; karbonatları, Ulus Formasyonu da fliş litolojilerini temsil etmektedir. Gruba ait olan formasyonların herbiri Liyas öncesi temel üzerine açısız uyumsuzlukla oturmakta, Akgöl Formasyonu, Kastamonu Granitoyidi ve daha yaşlı birimleri post tektonik olarak örtmekte ve üste doğru Gökçeagaç Formasyonuna ile geçişli durum göstermektedir (Altun vd., 1990).

2.1.8.1. Bürnük Formasyonu (Jkyb)

Birim Ketin ve Gümüş (1962) tarafından adlandırılmış olup çalışma alanı içerisinde dağınık olarak küçük alanlarda mostra vermektedir. Formasyon Kastamonu Granitoyidi ve tüm diğer Liyas öncesi temel üzerinde açısız uyumsuzlukla duran konglomera, konglomeratik kumtaşı ve yer yer görülebilen kireçtaşı arakatkılarından oluşmaktadır. Konglomeralar genellikle polijenik olup granitik, metamorfik, volkanik kayalık parçaları kapsamakta olup, iyi tutturulmuştur. Üst düzeylerinde çakılların daha iyi tutturulduğu ve olgunlaşmanın daha iyi olduğu birimlere doğru tedrici bir değişim gözlenmektedir. Bürnük Formasyonu karasal, deltaik ve sığ denizel ortamlarda çökelmiş olup platformda İnaltı Kireçtaşları ve Ulus Formasyonu ile eşzamanlı olarak çökeltim göstermektedir (Altun vd. 1990). Altun vd. (1990) tarafından içerdiği fosillere göre birime Üst Jura yaşı verilmiştir.

2.1.8.2. İnalıt Kireçtaşı (Jkyi)

Kireçtaşı Ketin ve Gümüş (1962) tarafından adlandırılmış olup, Kurt Dağı, Harami Dağı, Kaba Dağ ve Tezgahyanı Dağı dolaylarında mostra vermektedir. Birim kalın katmanlı gri pelmikrit ve biyopelmikritlerle, kalsit çamuru temsil edilmektedir ve bu özellikler ortamın çalkantılı ve tektonikçe aktif olduğunu göstermektedir. Bürnük Formasyonu ve Ulus Formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişli olan birim bol kavkı parçası içermekte olup foraminifer ve alg açısından çok zengin bir fauna kapsamaktadır (Altun vd., 1990). Altun vd. (1990) tarafından içerdiği fosillerine göre birime Üst Jura-Neokamien yaşı verilmiştir.

2.1.8.3. Ulus Formasyonu (Jkyu)

Formasyon Akyol vd. (1974) tarafından adlandırılmış olup, çalışma alanının orta ve kuzey kesiminde geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Formasyon kumtaşı, kiltası araldanmasından oluşmakta ve yer yer kireçtaşı arakatıkları içermektedir. Kumtaşları kahve, boz, gri renkli olup genel anlamda türbiditik özelliktedir. Karbonat çimento olmayan örneklerde kil matriks oldukça fazladır. Kum boyutundaki taneler genel olarak kuvars, feldspat, granit, kuvarsit, şist ve gnays parçaları içermektedir. Altta İnalıt Kireçtaşı ile, üstte ise Gökçeagaç Formasyonu ile geçişlidir (Altun vd. 1990).

2.1.9. Kapanboğazı Formasyonu (Kk)

Başlıca killi kireçtaşı, mikritik kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, çört araldanmasından oluşan birim adını Ayancık (Sinop) ilçesinin güneyinde, Kuzey Anadolu Dağları'nın güneyde Gökırmak ile kuzeyde Karadeniz arasındaki su bölümü çizgisi üzerinde yeralan Kapanboğazı mevkiinden almaktadır (Ketin ve Gümüş, 1963; Uğuz ve Sevin, 2007). Birim, inceleme alanının batı ve doğu bölümünde küçük alanlarda yüzeylenmekte olup, ince-orta tabakalıdır ve alttan Ulus Formasyonunun kırıntılılarıyla dereceli geçişlidir. Formasyonunu oluşturan kayalar zaman zaman volkanik etkinliklerin de gözleendiği oldukça sakin ve derin bir denizde çökelmiştir ve birimin kalınlığı yaklaşık olarak 100 m'dir. Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve Korkmaz (1984) ve Deveciler vd. (1989) tarafından saptadığı fosil içeriğine göre

birime genel olarak Senomaniyen-Kampaniyen yaşı verilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007). Uğuz ve Sevin (2007) tarafından birimin yaşı Senomaniyen-Erken Kampaniyen olarak değerlendirilmiştir.

2.1.10. Gökçeada Formasyonu (Kg)

Yılmaz ve Tüysüz (1984) tarafından adlandırılan birim çalışma alanının orta ve kuzey kesimlerinde geniş alanlar kaplamaktadır. Formasyon Devrekani çanağında karbonat ve kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Formasyon kırmızı, pembe, beyaz, düzgün ince-orta katmanlı, bol mikro fosilli killi kireçtaşları ile başlamakta, kireçtaşları üzerine beyaz, boz renkli marnlar ve türbiditik kumtaşları gelmekte, en üst düzeylerinde ise açık kahve, krem renkli, orta-kalın katmanlı kumlu kireçtaşları yer almaktadır. Formasyon içinde konglomeratik düzeyler yanal devamlılığı olmayan cepler halinde bulunmaktadır. Sahil kesiminde Üst Kretase volkanizması ile birlikte volkanojenik gereç kapsayan bir fliş fasiyesi ile temsil edilen birimin alt düzeyleri tuf-tüfit arakatkılar içeren mikritlerden oluşmaktadır. Volkanikler üzerine marn, türbiditik kumtaşı ve türbiditik kireçtaşı gibi litolojileri içeren fliş gelmektedir. Ayrıca İnebolu yöresinde İnebolu Volkanik Üyesi olarak ayrılanmıştır (Altun vd. 1990). Formasyon alttaki Alt Kretase yaşlı Ulus formasyonu ve üstteki Paleosen yaşlı Akveren formasyonu ile dereceli geçişli olup, içerdiği fosillere göre Üst Kretase yaşlı olduğu saptanmıştır (Altun vd. 1990).

2.1.10.1. İnebolu Volkanik Üyesi (Kgi)

Üye ilk defa Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılmış olup, İnebolu yöresinde yaygın olarak görülen lav akıntıları, piroklastikler ve bunlarla arakatkılı marnlardan oluşmaktadır. Birimin alt kesimlerinde pembe, gri renkli tuf-tüfit arakatkılar içeren mikritler bulunmaktadır. Üzerine ise volkanik aktivitenin artması ile şeyl-mikrit arakatkılı lav akıntıları ve piroklastikler yer almaktadır. Lavlar başlıca bazalt, bazaltik-andezitik ve kısmen dasitiktir. Altun vd. (1990) tarafından İnebolu yöresinde volkaniklerin hemen altındaki türbiditlerin Turoniyen yaşlı olması nedeniyle üyeye Turoniyen ve sonrası yaşı verilmiştir.

2.1.11. Akveren Formasyon (Ta)

Aydın vd. (1986) tarafından adlandırılan birim Abana ilçesi batısında tip kesit vermektedir. Fliş fasiyesi özellikleri gösteren Gökçeada Formasyonu üzerine karbonat miktarının artması ile marn ve Alg'li-Bryozoa'lı türbiditik kireçtaşı litolojilerini içeren Akveren Formasyonu gelmektedir. Kireçtaşları açık gri, beyaz renkli, orta-kalın katmanlı ve bol fosillidir. Marn'lar kireçtaşları arasında gri, boz renkli, ince-orta katmanlıdır. Altta Gökçeada Formasyonu ile geçişli olup üstte daha genç birim bulunmamaktadır. Kapsadığı fosillere göre Alt- Orta Paleosen yaşı verilmiştir (Altun vd., 1990). Bununla birlikte Uğuz ve Sevin (2007) tarafından birimin üst düzeylerinde yer alan kireçtaşı tabakaları genellikle çörtlü olup, bu çörtlü tabakaların kılavuz seviye olarak Kretase-Paleosen geçişini temsil ettiklerini belirtmişlerdir.

2.1.12. Pervanekaya Formasyonu (KTpp)

Maastrichtiyen öncesinin Geç Kretase'sinde volkanik etkinlikler ve tektonik etkiler sonucu bölgede ortaya çıkan sığlaşmalı-karalaşmalı alanlar üzerinde, Maastrichtiyen'de gelişen transgresyon sonucu oluşan sığ denizel ve kıyı özellikli çökeller Pervanekaya formasyonu adı altında incelenmiştir (Uğuz ve Sevin, 2010). Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından adlandırılan birim, başlıca çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşmdan oluşmakta olup çalışma alanının batısında küçük bir alanda mostra vermektedir. Birim çalışma alanında alttaki kırıntılılarla birlikte 300 m toplam kalınlığa sahip olup, birçok araştırmacı tarafından saptanan fosillere göre Uğuz ve Sevin, (2010) tarafından birimin yaşının Maastrichtiyen-Paleosen olabileceği belirtilmiştir.

2.1.12.1. Kırıntılı Üyesi (KTppk)

Pervanekaya formasyonunun alt kesimlerini oluşturan birim başlıca çamurtaşı, çakıltaşı, kumtaşı, mam, kireçtaşı, silttaşı ve kilttaşlan ile temsil edilmektedir. Birimin alt kesimleri alacalı renkte çakıltaşlarından oluşmakta olup, orta-kalın tabakalı kötü boylanmalı tane destekli ve sıkı tutturulmuştur. Genellikle köşeli olan çakıllar

kireçtaşı, granit, kuvarsit, marn ve metamorfik kayalardan türemiştir. Üst kesimlerdeki kiltası, silttaşı, marn ar dalanması sarımsı yeşil renkli, ince tabakalanmalı ve kireçtaşı ara seviyeli olup, silttaşlarında kavkı parçaları ve canlı eşelemesi izleri görülmektedir. En üst seviyelerde kızıl renkli kumtaşı, çakıltaşı ve çamurtaşı ardışımı gözlenmektedir ve üye yaklaşık 200 metre kalınlığa sahiptir (Uğuz ve Sevin, 2010).

2.1.13. Çaylak Formasyonu (Tç)

Formasyon Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılmış olup, çalışma alanının güneyinde, Devrakani çevresinde küçük alanlarda yüzeylenmektedir. Formasyonun hakim litolojisi kireçtaşları olup, kahverenkli orta-kalın katmanlı kumtaşı ile başlar ve gri, beyaz, mikritik kumlu kireçtaşı ve orta-kalın katmanlı alg'li bryozoalı spartik dokulu kısmen dolomitize kireçtaşı ile devam etmektedir. Birim alttaki Gökçe ağaç Formasyonu ve üstteki Akveren ve Boyabat Formasyonu ile dereceli geçişlidir (Altun vd. 1990). Altun vd. (1990) tarafından formasyona içerdiği fosiller nedeniyle Paleosen yaşı verilmiştir.

2.1.14. Atbaşı Formasyonu (Tpea)

Çalışma alanının kuzeydoğusunda dar bir alanda mostra veren birim düşük akış rejimli türbidit akıntılarla kontrol edilen açık şelf-yamaç ortamında çökelmiş, kireçtaşı ara tabakaları içeren, mor renkli marn ve şeyllerden oluşmaktadır. Birim adını Sinop-Ayancık yolu üzerinde yeralan Atbaşı mevkisinden almaktadır (Ketin ve Gümüş, 1962; Uğuz ve Sevin, 2007). Bej renkli, ince-orta tabakalı, killi-kumlu kireçtaşı, bordo renkli, ince tabakalı marn ar dalanmasıyla başlayan birim; kalın-çok kalın tabakalı, kırmızımsı kahverenkli marnlarla devam etmekte boz renkli, ince tabakalı kumtaşı ile orta, orta-kalın tabakalı boz renkli marn ar dalanması ile sona ermektedir.

Altan Akveren formasyonu, üstten Kusuri formasyonu ile geçişli olan formasyonun kalınlığı 540 m'dir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Uğuz ve Sevin, 2007). Ketin ve Gümüş (1962) tarafından saptanan fosil içeriğine göre birime Paleosen-Alt Eosen

yaşı verilmiştir. Gedik ve Korkmaz (1984) ise saptadıkları fosil içeriğine göre birimin Erken Eosen yaşlı olabileceğini belirtmişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007).

2.1.15. Kusuri Formasyonu (Tek)

Adını Ayancık'm 20 km kadar doğusunda yeralan Kusuri Köyü'nden alan (Badgley, 1959) birim çalışma alanının kuzeydoğusunda dar bir alanda gözlenmekte ve boz renkli marn, kumtaşı, krem renkli kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Yumuşak topografyası ile belirgin olan birimden Ketin ve Gümüş (1963) 1925 m Gedik ve Korkmaz (1984) 1460 m kalınlık ölçmüşlerdir. Alttan Atbaşı Formasyonu ile geçişli olan birim alt düzeylerinde yeralan Ayancık üyesi ile yanal ve dikey geçişlidir. Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve Korkmaz (1984) ve Deveciler vd. (1989) formasyondan alınan fosillerin Lütésiye ni temsil ettiğini belirtmişlerdir (Uğuz ve Sevin, 2007). Birimin alt düzeylerinde yaygınca gözlenen konglomera-şeyl ara katkılı kumtaşları "Ayancık üyesi" olarak ayrılmıştır (Uğuz ve Sevin, 2007).

2.1.15.1. Ayancık Üyesi (Tek)

Uğuz ve Sevin (2007) çalışma alanında Kusuri Formasyonunun alt düzeyleri içinde bazen kamalar, bazen mercekler şeklinde bulunan ve yer yer çok inceldiği için haritalanamayan kumtaşlarını "Ayancık üyesi" adı altında incelemiştir. Üye ilk olarak Blumenthall (1940) tarafından Ayancık kumtaşı adı ile incelenmiştir. Ayancık üyesi sarımsı-kahverengimsi gri, ya da siyahımsı renkli, orta-kalın, kalın tabakalı, yer yer som görümlü kumtaşları ile az oranda marn-şeylden oluşmaktadır. Kanal dolguları şeklinde çakıltası katkıları içeren birimin üst düzeylerindeki kumtaşı tabakaları giderek incelmekte ve marn-şeyl oranında da artma görülmektedir. Birimin kalınlığı Ayancık ilçesinin yakın güneyinde 1100 m, Ayancık'ta ise 390 m olarak ölçülmüştür (Gedik ve Korkmaz, 1984; Uğuz ve Sevin, 2007).

Altta yeralan Atbaşı Formasyonu ile geçişli olan birim, içinde yer aldığı Kusuri Formasyonu ile de yanal ve dikey yönde geçişler sunmaktadır. Ketin ve Gümüş (1963) tarafından üye içerisindeki fosil içeriğine göre Lütésiye n yaşı verilmiştir (Uğuz ve Sevin, 2007).

2.1.16. Boyabat Formasyonu (Tb)

Aydın vd. (1986) tarafından adlandırılan birim, Devrekani kuzeyinde yüzlek vermektedir. Formasyon kireçtaşı katmanları arasında marn seviyelerinden oluşmakta olup, kireçtaşlarının alt kesimleri gri, beyaz, sarımsı renkte kompakt, ince taneli, alg'li, bryozoalı biyomikritiktir. Üst düzeyleri ise kırmızı, pembe renkli, ince kalınlıkta, ince taneli, bol mikrofosilli, kısmen sparlaşmıştır. Kireçtaşı üzerinde gri, beyaz renkli, ince-orta kalınlıkta marn kumtaşı ar dalanması yer almaktadır. Çaylak Formasyonu üzerine geçişli olarak gelen formasyona kapsadığı, fosillere göre Alt Eosen-Lütesiyen yaşı verilmiştir (Altun vd. 1990).

2.1.17. Yukarıköy Formasyonu (Ty)

Şengün vd. (1988) tarafından adlandırılan birim, Devrekani güneyinde çok dar bir alanda mostra vermektedir. Birim, beyaz, açık gri renkli, sert gölsel kireçtaşlarından oluşmaktadır. İçerisinde yer yer marn düzeyleri bulunan formasyon üzerine geldiği tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Karakteristik fosil kapsamadığından yaş verilememiştir (Altun vd. 1990).

2.1.18. Yamaç Molozu (Qym)

Sarp bir topoğrafyası olan çalışma alanının yamaç eteklerinde, yer yer tutturulmuş konglomeratik düzeyler olup, köşeli, kötü boylanmış çakıllardan oluşan birimlerdir (Altun vd. 1990).

2.1.19. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarındaki alüvyon yelpazelerindeki tutturulmamış olan bu birim, başlıca çakıl, kum, kil ve siltten oluşmaktadır.

2.2. BÖLGESEL ÖLÇEKTE YAPISAL JEOLOJİ

Çalışma alanında kuzey-güney doğrultulu bir sıkışma sonucu yaklaşık doğu-batı uzanımlı yapısal gidişler gelişmiştir. Senklinal-antiklinal eksenleri ve tabaka doğrultu gidişleri doğu-batı uzanımlıdır (Altun vd. 1990).

İnceleme alanının en önemli fayı Kastamonu-Taşköprü-Boyabat havzasını kuzeyinden sınırlayan “Ekinveren fayı”dır. Petrol sızıntısı nedeniyle XX. Yüzyılın başlarından bu yana özel bir ilgi ile incelenen Ekinveren fayı, yüksek açılı, normal ya da ters fay olarak bilinir (Blumenthall, 1940; Yılmaz ve Tüysüz, 1984; Tüysüz, 1993; Gedik ve Korkmaz, 1984; Altun vd. 1990).

Çalışma alanının güney sınırını oluşturan Devrekani ilçesinin güneyinde yer alan bindirme fayları ofiyolitler ve Akgöl Formasyonunun Gürlevik Formasyonu üzerine itilmesinden oluşmaktadır (Altun vd. 1990).

BÖLÜM 3

HİDROLOJİ

Çalışma alanı yaklaşık 2990 km² olup, özellikle inceleme konusunu oluşturan Küre Pb-Zn-Cu maden yataklarının bulunduğu bölgeyi drene eden Küre Çayı'nın drenaj alanı ise yaklaşık 440 km²'dir. Bu bölümde yağış verileri değerlendirilmiş ve akarsular üzerinde yapılan ölçümler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. YAĞIŞ VERİLERİ VE ANALİZLERİ

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'ne ait yağış ölçüm istasyonları yardımıyla Küre Çayı Havzasına düşen yıllık ortalama yağış hesaplanmıştır. Bu istasyonların yükseltisi, ortalama yağışı vb. bilgileri ise Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çalışma alanı içerisinde İnebolu, Devrekani ve Bozkurt yağış gözlem istasyonu bulunmakta olup, inceleme alanı dışında ise Kastamonu istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlar yardımıyla çizilen eşyağış eğrileri direkt Küre Çayı Havzasını kapsamamakla birlikte eğriler uzatılarak çalışma alanının yıllık ortalama yağış değeri eşyağış eğrileri yöntemiyle yapılmaya çalışılmıştır. Bozkurt istasyonunun birkaç yıllık verisi eksik olup, Devrekani ve Kastamonu istasyonlarının ise birkaç ay verisi eksiktir. İnebolu istasyonunun ise hiç eksik verisi bulunmamaktadır. Tüm istasyonların ortak yılları olan 1960-2014 yılları arasındaki eksik veriler regresyon analizleri yapılarak tamamlanmıştır. Yağış analizlerinde kullanılan istasyonların yağış kayıt uzunluğu grafiği Şekil 3.1'de sunulmuştur. Regresyon analizlerinde, öncelikle bu istasyonların var olan verileri birbirleriyle korelasyona tabi tutulmuş ve birinci dereceden doğrusal korelasyon katsayıları ve regresyon eşitlikleri hesaplanmıştır.

Eksik veriler tamamlanırken mevcut verilerin %10 unu geçmemesine dikkat edilmiştir. İstasyonlar arasında bulunan doğrusal korelasyon katsayıları Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Bozkurt istasyonunun eksik verileri en yüksek korelasyon katsayısının olduğu İnebolu istasyonunun verileri ile tamamlanmış, Devrekani ve Kastamonu eksik verileri ise en yüksek korelasyon bu iki istasyon arasında olduğu için birbirlerinin regresyon denklemi kullanılarak tamamlama yapılmıştır.

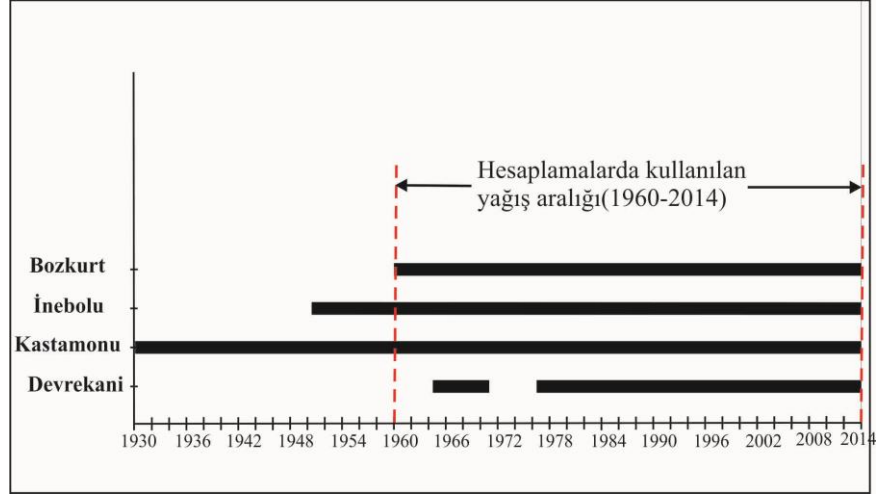
Çizelge 3.1. İnceleme alanı ve çevresinde yer alan yağış gözlem istasyonlarına ait bilgiler.

İstasyon adı	Yükseltisi (m)	Gözlem süresi	Verisi eksik olan yıllar (1960-2015 arası)	Korele edilen istasyonlar	Korelasyon katsayısı
İnebolu	64	1950-2014	(-)	İnebolu-Bokurt	0.93
Kastamonu	800	1930-2014	2007 (3 ay)	Kastamonu-Devrekani	0.78
Bozkurt	167	1960-2014	1960, 2001, 2007,2010 (1'er ay)	İnebolu-Bokurt	0.93
Devrekani	1050	1964-2014	1960-1964, 1964, 1976, 1980, 1981, 2010 (bazı aylar)	Kastamonu-Devrekani	0.78

Çizelge 3.2. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının 1960-2014 yılları arasındaki aylık ortalama yağış değerleri (mm) (gözlenen ve hesaplanan değerlere göre).

İstasyon adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık toplam
İnebolu	108.9	85.0	77.8	49.3	51.9	48.9	47.3	59.2	91.9	137.7	125.2	142.9	1025.9
Kastamonu	31.3	27.8	35.5	56.1	69.5	72.1	34.5	31.8	33.5	37.1	29.2	37.4	496.0
Bozkurt	127.9	99.9	93.1	57.9	57.9	58.2	52.0	66.6	104.2	158.1	159.0	169.4	1204.0
Devrekani	39.0	34.1	41.1	59.5	73.8	66.3	34.3	34.0	36.8	44.0	35.5	49.2	547.6

İnceleme alanındaki istasyonların ortalama yıllık yağışları ile istasyonların kurulmuş olduğu yükseklik değerleri arasında bir ilişki bulunmamakta, yüksek yağış değerlerine sahip olan istasyonlar deniz kenarında bulunan istasyonlara karşılık gelmektedir. Bu nedenle Bozkurt ve İnebolu istasyonları iç kesimlerde bulunan Kastamonu ve Devrekani istasyonlarına göre yaklaşık iki kat daha fazla yağış değerlerine sahiptirler.



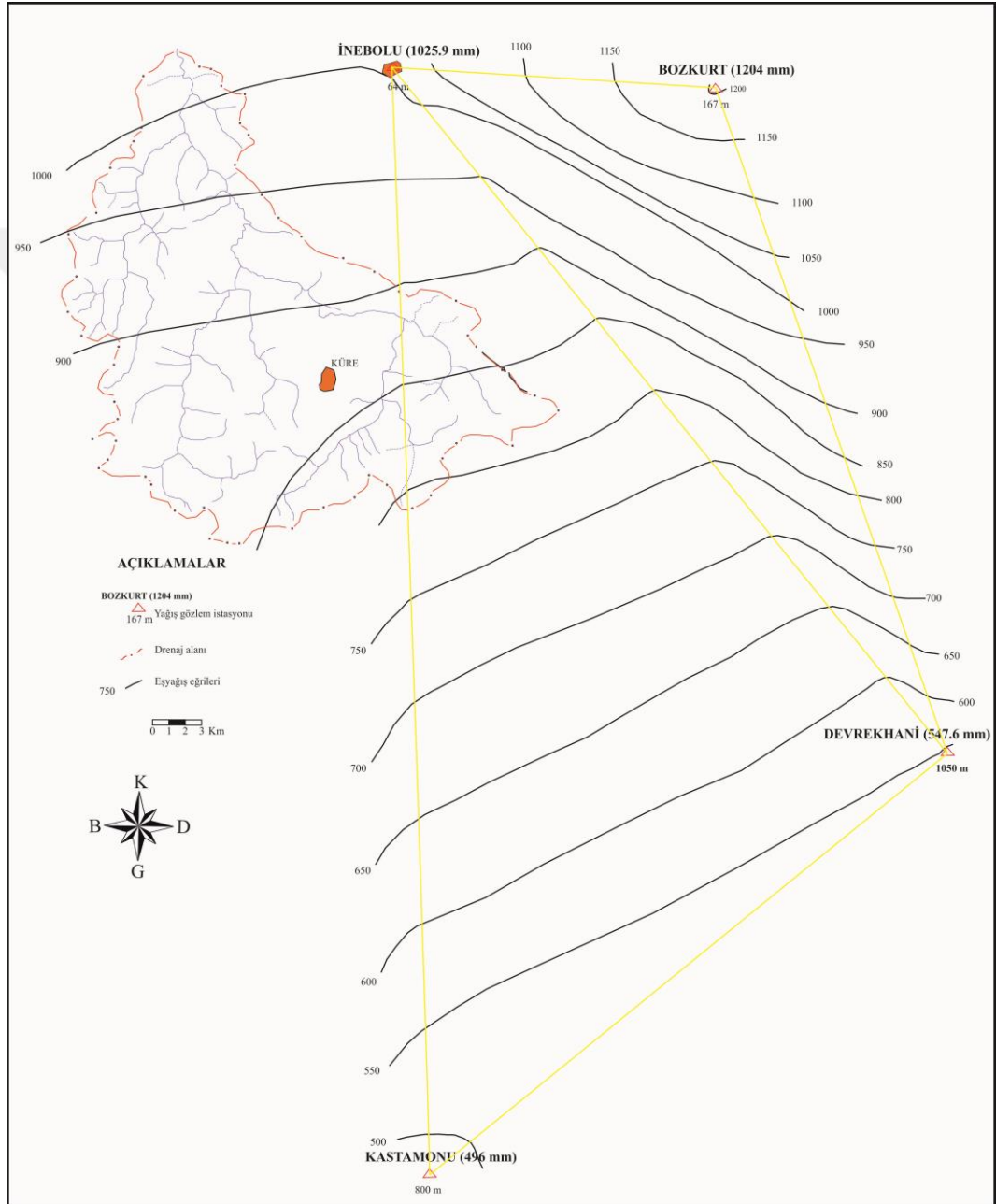
Şekil 3.1. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının yağış kayıt uzunlukları.

İnceleme alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarının 1960-2014 yılları arasındaki (gözlenmiş ve hesaplanmış değerlere göre) ortalama yıllık yağış haritası (eşyağış eğrileri yöntemiyle) hazırlanmıştır (Şekil 3.2) ve alanın ortalama yağışı 896 mm olarak hesaplanmıştır.

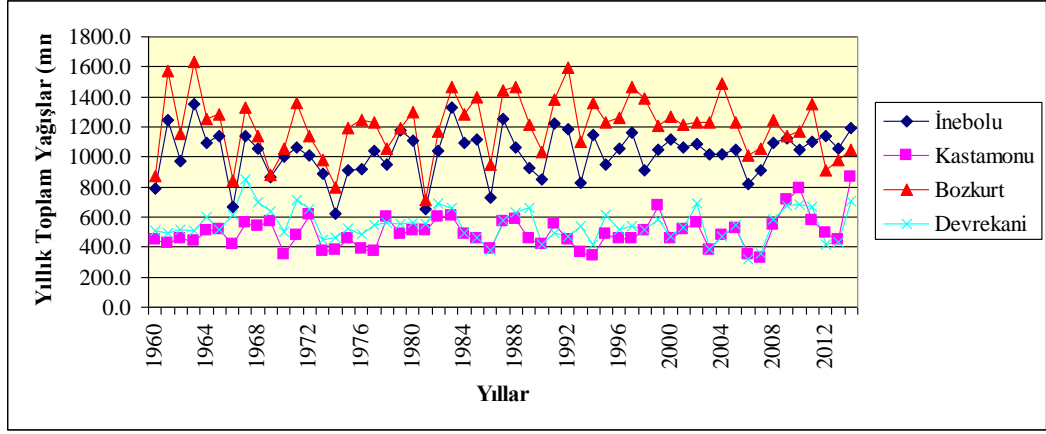
İnceleme alanındaki tüm istasyonların 1960-2014 yılları arasındaki yıllık toplam yağışları Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Grafiklerden görüldüğü gibi deniz kenarında bulunan İnebolu ve Bozkurt istasyonları birbirleriyle uyumlu, İç kesimlerde kalan Kastamonu ve Devrekani istasyonları ise birbirleriyle uyumludur. En az yağış alan istasyon Kastamonu, en fazla yağış alan istasyon ise Bozkurt’dur.

Yağış miktarlarındaki değişimler nedeniyle oluşan yağışlı ve kurak dönemleri görebilmek amacıyla tüm istasyonların 1960-2014 yılları arasındaki yağışlarının ortalama yağıştan birikimli sapma grafiği çizilmiştir (Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7). Şekil 3.4’de verilen İnebolu istasyonunun birikimli sapma grafiğine göre 1960-1965 yılları arası yağışlı, 1965-1981 yılları arası kurak, 1981-2014 yılları arası ise yağışlı dönemi temsil etmektedir. Şekil 3.5’e göre Kastamonu istasyonunun 1960-2007 yılları arası kurak, 2007-2014 yılları arası ise yağışlı dönemdir. Şekil 3.6’de verilen Bozkurt istasyonunun birikimli sapma grafiğine göre 1960-1965 yılları arası yağışlı, 1965-1982 yılları arası kurak, 1982-2005 yılları arası ise yağışlı ve 2005-2014 yılları arası ise kurak dönemi temsil etmektedir. Şekil 3.7’e göre

Devrekani istasyonunun 1960-1965 yılları arası kurak, 1965-1983 yılları arası yağışlı, 1983-2007 yılları arası kurak dönem, 2007-2014 yılları arası ise yağışlı dönemdir. Birikimli sapma değerleri açısından istasyonlar birbirleriyle tam olarak uyumlu olmayıp, bu durumun, çalışma alanı ve çevresinin Karadeniz ve İç Anadolu iklimi arasında bir geçişe sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

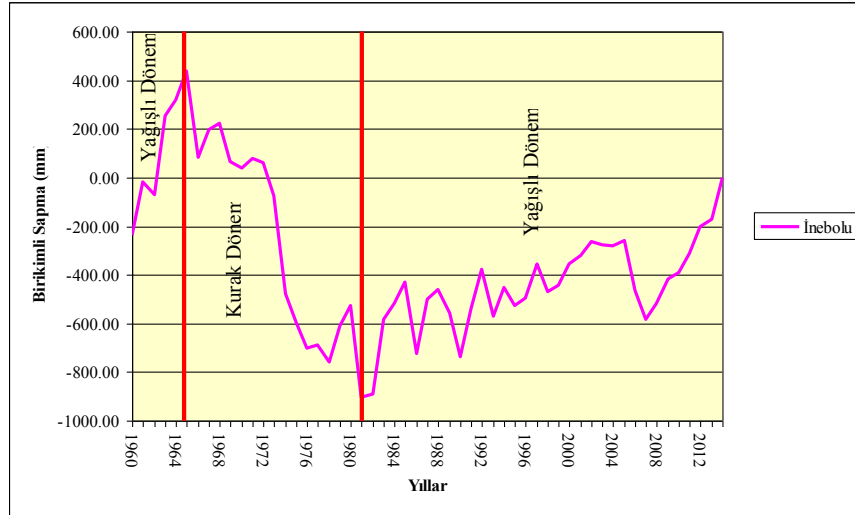


Şekil 3.2. İnceleme alanının yağış haritası.

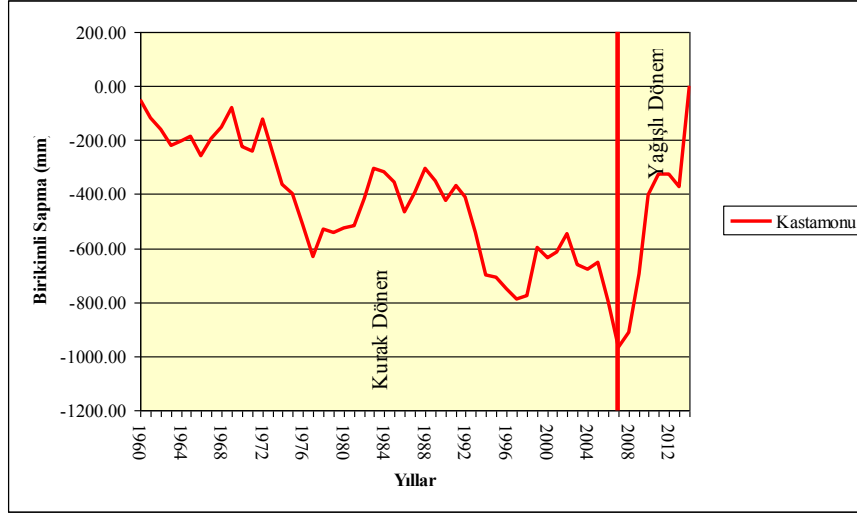


Şekil 3.3. İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının yıllık toplam yağış grafiği.

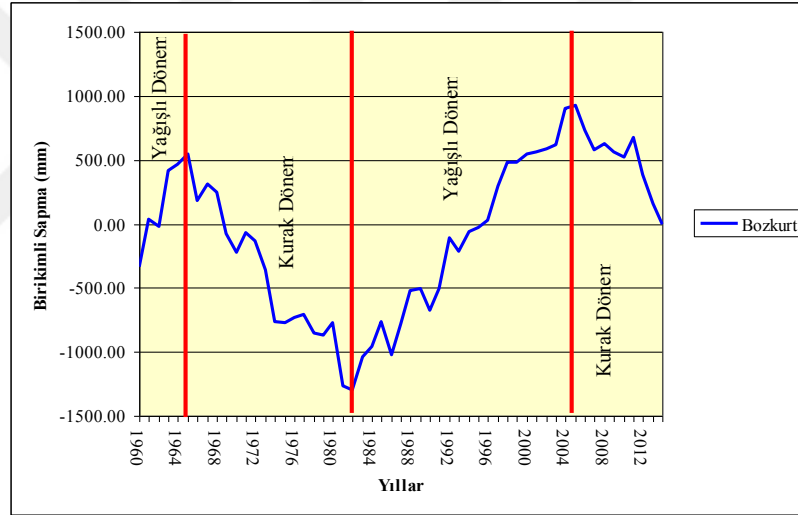
Genellikle son yıllar genellikle yağışlı yılları temsil etmektedirler. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.7'ye bakıldığında kurak ve yağışlı dönemlerin birbirini takip ettiği görülmektedir. Bu nedenle eğer bu periyodik döngü doğal olarak devam ederse ilerideki yıllarda kurak dönem etkisine girileceği tahmin edilebilmekte ve dolayısıyla yağışlı dönemlerde debileri artan kaynakların kurak dönemlerde debilerinin azalacağı beklenmektedir.



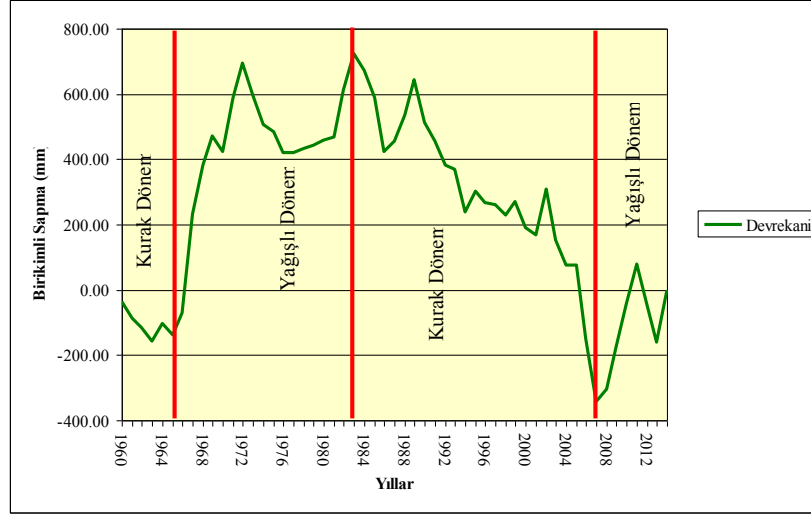
Şekil 3.4. İnebolu Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.



Şekil 3.5. Kastamonu Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.



Şekil 3.6. Bozkurt Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.



Şekil 3.7. Devrekani Yağış Gözlem İstasyonlarının birikimli sapma grafiği.

3.2. AKARSULAR, AKIM VERİLERİ VE ANALİZLERİ

Çalışma alanı Batı Karadeniz Havzasında yer aldığı ve deniz kıyısı ile bağlantılı olduğu için inceleme alanını birkaç akarsu drene etmekle birlikte çalışmanın amacına uygun olarak asıl çalışma bölgesini oluşturan Küre Cu-Pb-Zn maden alanını ve çevresini Küre Çayı drene etmektedir. Bu akarsuların bir kısmı devamlı, bir kısmı ise mevsimlik akarsular olup, kış aylarında akışı olan bu sular yaz aylarında kurumaktadırlar.

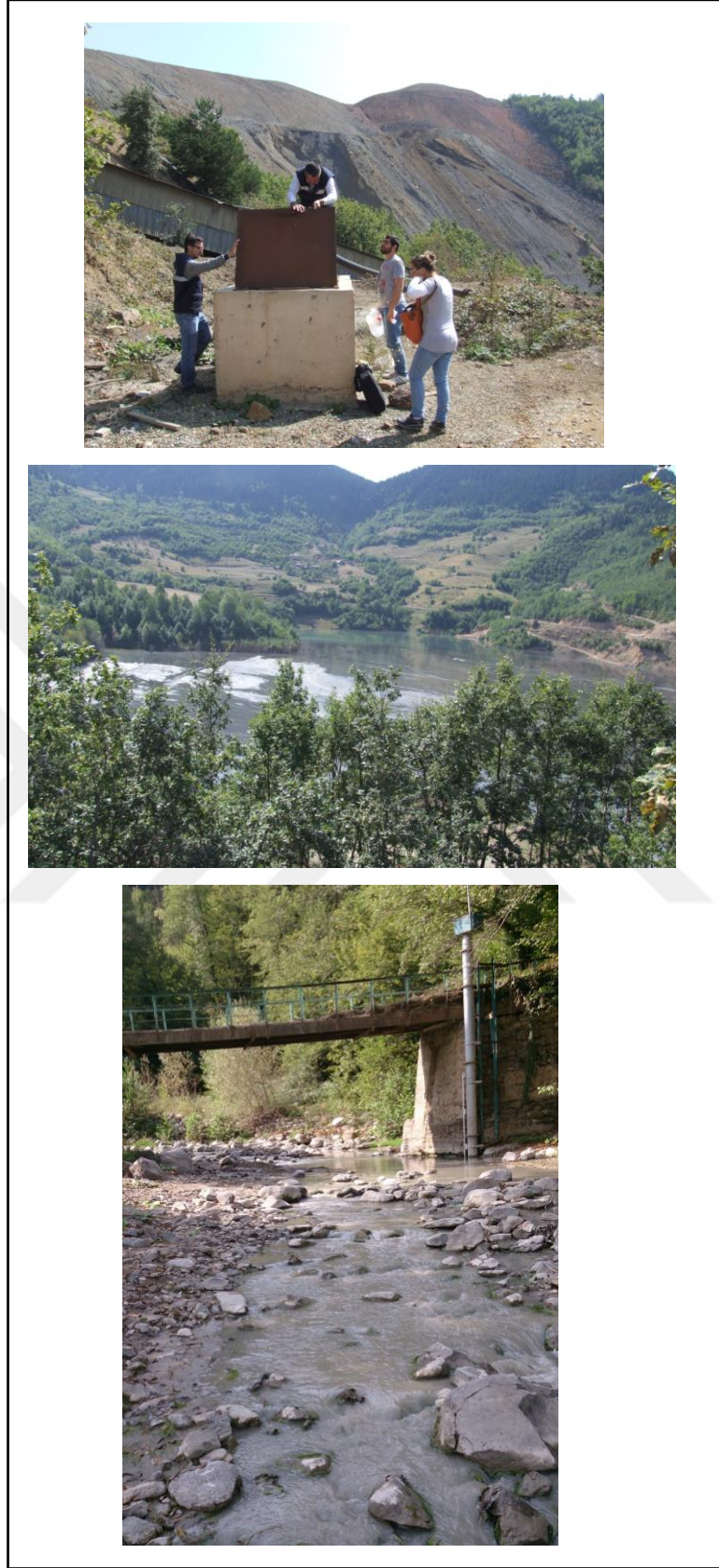
Arazi çalışmaları sırasında akarsularda 4 ölçüm noktası seçilmiş ve ölçüm noktalarında yerinde ölçüm ve su örnekleme yapılmıştır. Bu 4 ölçüm noktasında arazi çalışmaları sırasında sıcaklık, debi, pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözülmüş katı miktarı (TDS) ve yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ölçülmüştür (Çizelge 3.3). İlk ölçüm Eylül 2014'da ikinci ölçüm ise Mayıs 2015'de yapılmıştır. Yapılan ölçümlere ilişkin veriler Ek-1'de verilen jeoloji-hidrojeoloji haritasına göz atıldığında, Küre Çayının akım yönünün genellikle güneyden kuzeye olduğu görülmektedir. Küre ilçesi çevresinde yoğun madencilik faaliyetleri gerçekleştirilmekte ve genellikle maden katı atıkları çok geniş alanda yer alan Cu-Pb-Zn maden işletmesi içerisine atılmaktadır.

Sıvı atıklar ise işletme içerisinde oluşturulan sıvı atık havuzuna ve Ersizlerdereye verilmektedir (Şekil 3.8). Bu durumun akarsular üzerine etkisi Su Kimyası bölümünde açıklanmıştır.

Çizelge 3.3. Akarsularda yapılan arazi ölçüm değerleri.

Akarsu No	Akarsu Adı	Ölçüm Tarihi	Debi (L/s)	T (°C)	Eh (mV)	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH
KR-1	Düzdere	16.09.2014	0.5	14.4	414	338	220	8.49
KR-2	Çatak Barajı	16.09.2014	(-)	9.86	435	298	194	8.15
“	“	12.05.2012	(-)	12.95	303	3.61	235	8.06
KR-3	Ersizlerdere	17.09.2014	(-)	16.62	472	1306	857	8.20
“	“	11.05.2015	(-)	11.1	326	823	534	8.26
KR-4	Ersizler Memba Deresi	17.09.2014	(-)	14.2	449	345	224	8.29
“	“	11.05.2015	(-)	10.3	249	348	226	8.37
KR-5	İkizciler Dere	12.05.2012	(-)	8.95	262	340	221	8.21

(-) işareti debi ölçümünün yapılamadığını ifade etmektedir.



Şekil 3.8. Çalışma alanındaki katı (üst) ve sıvı (alt) maden atık alanları ve sıvı atıkların verildiği Ersizlerdere.

BÖLÜM 4

HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanındaki kaynaklar genellikle karstik kırık çatlaklı, karstik kireçtaşları, kumtaşı seviyeleri ve bu birimlerin birbirleri ile dokanaklarından boşalmaktadır (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4). İnceleme alanında başlıca akifer özelliği gösteren birimler kireçtaşından oluşan İnalıt Kireçtaşı, kumtaşı-şeyl ardalanması, andezit, bazalt lavları ve kireçtaşından oluşan Akgöl Formasyonu, kumtaşı-kiltaşı ve yer yer kireçtaşından oluşan Ulus Formasyonu, ve killi kireçtaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomeradan oluşan Gökçeağaç Formasyonu'dur. Akgöl Formasyonunun özellikle kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri akifer özelliği göstermekle birlikte altere ve Pb-Cu-Zn maden damarlarını içeren Küre Lav Üyesinin andezit ve bazalt seviyeleride yer yer akifer özelliği göstermektedir (Şekil 4.2). Bu birimlerin dışında Mesozoyik Ofiyolitlerinin kırık çatlaklı volkanik seviyeleri de yerel olarak akifer özelliği göstermektedir (Şekil 4.4). İnalıt kireçtaşı ve Akgöl Formasyonunun Kayabaşı Kireçtaşı Üyesi oldukça kırık çatlaklı olup, karstik yapı sunmaktadırlar.

Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ölçümler kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çizelge'de görülebildiği gibi çalışma alanında geniş alanlarda gözlenen İnalıt Kireçtaşından kurak dönemde debileri 0.2 L/s ve 2.7 L/s arasında değişen 6 kaynak boşalmaktadır. Bu birimden boşalan kaynakların debileri mevsimsel olarak oldukça fazla değişiklik göstermektedir. Ayrıca İnalıt Kireçtaşının diğer formasyonlarla olan dokanaklarından debileri 0.2 L/s ve 1.8 L/s arasında değişen 8 kaynak boşalımı bulunmaktadır. Çalışma alanının diğer akifer özelliği sunan Akgöl Formasyonun kumtaşı seviyelerinden debileri 0.1 L/s ve 7.5 L/s olan 6 kaynak boşalımı gözlenmekte olup, kireçtaşı seviyelerinden ise debisi kurak dönemde 25 L/s olan 1 adet kaynak saptanmıştır.

Akgöl Formasyonu Küre Lav Üyesi üzerinde, Pb-Zn-Cu maden alanı içinde 3 adet kuyu bulunmaktadır. Üyenin cevher içeriği ve işletme faaliyetleri yeraltısularının fizikokimyasal parametrelerini olumsuz yönde etkilemektedir.

Ulus Formasyonun kumtaşı ve kireçtaşı seviyelerinden kurak dönemde debileri 0.2 L/s ve 1.0 L/s arasında değişen 3 adet kaynak boşalımı saptanmıştır. Formasyon içerisinde bulunan killi seviyeler birimin geçirimsizliğini azaltmaktadır. Kumlu, killi kireçtaşı, kumtaşlarından ve piroklastik kayalardan oluşan Gökçeada Formasyonundan kurak dönemde debileri 0.1 L/s ve 1.1 L/s olan 2 adet kaynak boşalımı gözlenmiştir. Mesozoyik ofiyolitlerinin özellikle kırıklı-çatlaklı volkanik seviyelerinden debileri 0.3 L/s olarak ölçülmüş 3 adet kaynak boşalımı ölçülmüştür. Çalışma alanının diğer bir akifer birimini oluşturan alüvyonda açılmış bir adet kuyunun debisi ise yaklaşık 15 L/s olarak ölçülmüştür. Çalışma alanı içerisinde bulunan ölçümleri yapılmış bu kaynakların çok büyük bir kısmı içme, kullanma ve sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Pb-Zn-Cu maden alanı içerisinde bulunan kuyular sadece gözlem amaçlı olarak açıldığı yetkililer tarafından belirtilmiş olup, içme ve kullanma amaçlı olarak kullanılmamaktadır.

Yağışlı dönemde genel olarak suların debileri bir miktar artmış ve buna paralel olarak elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri bir miktar azalmıştır. Özellikle karstik özellik sunan İnaltı Kireçtaşı ve Akgöl Formasyonunun Kayabaşı Üyesinde boşalan kaynakların debilerindeki artış birkaç kat mertebesindedir.



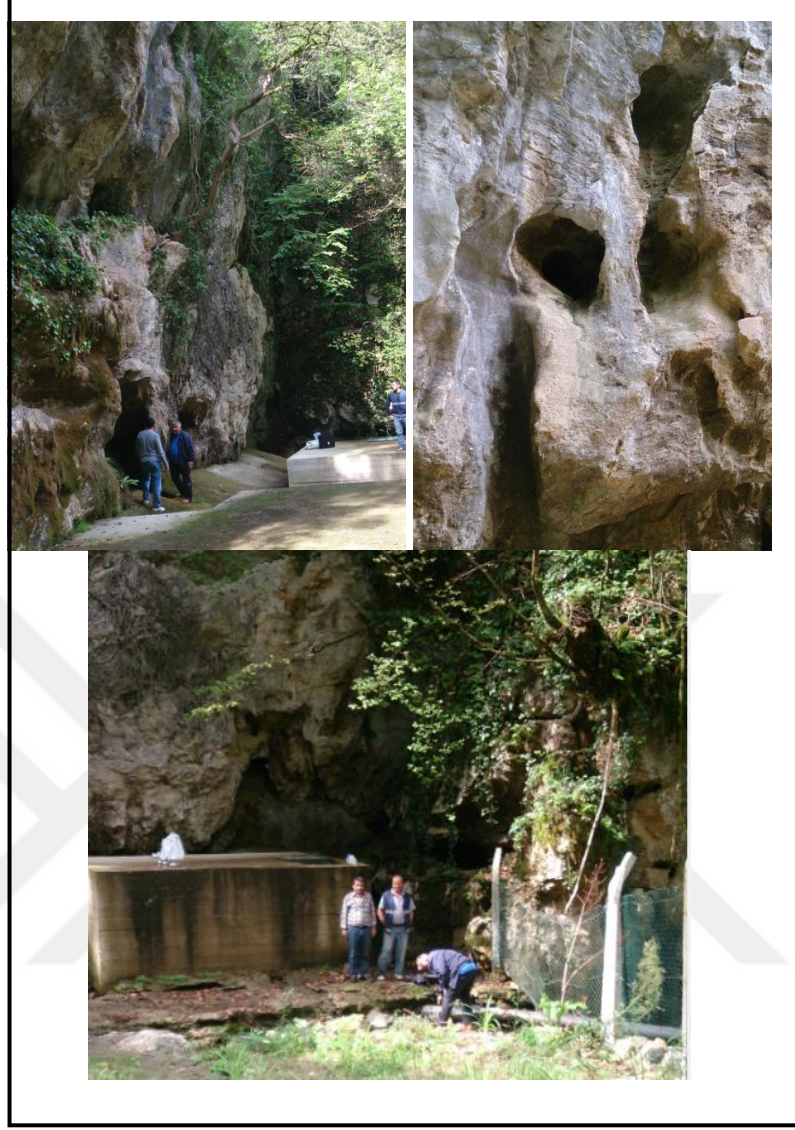
Şekil 4.1. Çalışma alanındaki karstik yapı gösteren İnaltı Kireçtaşından boşalan bazı kaynaklar.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki Mesozoyik Ofiyolitlerinden (bazik seviyeleri) boşalan bazı kaynaklar.



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu Madeni çevresi ve bu bölge içinde (Küre Lav üyesi) açılmış kuyular.



Şekil 4.4. Çalışma alanındaki karstik yapı gösteren Kayabaşı Kireçtaşı Üyesinden (Akgöl Formasyonu) boşalan KS-19 Başoluk Kaynağı.

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm verileri.

No	Kaynak-Akarsu Adı	Formasyon	Kot (m)	Boylam	Enlem	Önekleme Tarihi	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH	Eh (mV)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
KS-1	Soğuksu Kaynağı	Akgöl Formasyonu	1115	0563860	04629512	15.09.2014	305	198	7.66	431	9.8	(-)
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	280	182	7.40	283	8.83	0.1
KS-2	Kocaköy Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı-Akgöl Formasyonu Konağı	1138	0558907	04624828	15.09.2014	435	283	7.19	439	10.6	0.4
KS-3	Kavukkaya Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı	1182	0557120	04623960	15.09.2014	537	349	7.15	450	14.7	1.3
KS-4	Yukarıyayla Kaynağı	Ulus Formasyonu	1447	055361	04625163	15.09.2014	489	318	7.21	356	8.5	0.2
KS-5	Mollo Hasan Kaynağı	Ulus Formasyonu-İnaltı Kireçtaşı Konağı	1260	0552025	046268164	15.09.2014	523	340	7.41	454	13.1	0.3
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	494	321	7.44	305	7.59	1.2
KS-6	Karşibostan Kaynağı	Ulus Formasyonu-İnaltı Kireçtaşı Konağı	1001	0552103	04629679	15.09.2014	472	307	7.18	495	12.5	0.5
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	503	327	7.36	310	9.43	0.6
KS-7	Saka Pınarı Kaynağı	Ulus Formasyonu-İnaltı Kireçtaşı Konağı		0552235	04629703	15.09.2014	468	304	7.24	484	16.2	0.3
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	496	322	7.39	311	11.71	0.4
KS-8	Çıçır Kaynağı	Ulus Formasyonu-İnaltı Kireçtaşı Konağı	1239	0554611	04626678	15.09.2014	434	282	7.78	551	16.8	0.2
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	379	246	7.75	303	10.23	(-)
KS-9	Soğuksu Kaynağı	Ulus Formasyonu-İnaltı Kireçtaşı Konağı	1314	0556153	04626223	15.09.2014	570	372	7.15	482	17.7	(-)
KS-10	Maden GK-3 Kuyusu	Akgöl Formasyonu-Küre Lav Üyesi	1012	0557444	04628374	16.09.2014	2714	1765	6.45	217	14.3	(-)
KS-11	Maden GK-1 Kuyusu	Akgöl Formasyonu-Küre Lav Üyesi	981	0556934	04628026	16.09.2014	492	320	6.96	438	10.6	(-)
KS-12	Küre Kaptaj Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı	1181	0557250	04626944	16.09.2014	521	338	7.4	459	8.3	2.7
"	"	"	"	"	"	12.05.2015	529	344	7.61	296	8.13	~20
KS-13	Maden GK-2 Kuyusu	Akgöl Formasyonu-Küre Lav Üyesi	991	0557507	04627643	16.09.2014	591	384	7.12	399	10.8	(-)
KS-14	Ersizlerdere Kaynağı	Akgöl Formasyonu	514	0558414	04633169	17.09.2014	461	300	7.62	467	18.9	0.1
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	441	287	7.74	334	14.17	0.1
KS-15	Ersizlerdere Terkos Kay.	İnaltı Kireçtaşı	651	0561285	04632673	17.09.2014	360	234	7.66	435	9.98	1.2
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	359	233	7.714	237	9.90	~15
KS-16	Subaşı Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı	997	0560395	04634610	17.09.2014	386	252	7.4	439	9.8	2.5
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	412	268	7.73	248	9.9	(-)
KS-17	Yukarı Kulep Kuyusu	Akgöl Formasyonu	108	0584185	04645910	17.09.2014	447	291	7.25	854	15.6	7.4
KS-18	Sanayi Kuyusu	Alüvyon	9	0582974	04647378	17.09.2014	487	317	7.3	572	14.9	15
KS-19	Başköy Kaynağı	Akgöl Formasyonu Kayabaşı Kireçtaşı Üyesi	295	0565103	04641141	18.09.2014	343	223	7.55	485	9.7	25
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	276	179	7.92	270	8.99	~93
KS-20	Ayva Kaynağı	Akgöl Formasyonu	234	0565076	04642796	18.09.2014	539	350	7.19	495	15.6	7.5
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	406	264	7.58	244	12.62	~25
KS-21	İhcak Kaynağı	Akgöl Formasyonu	190	0565018	04642726	18.09.2014	800	520	7.19	492	23.9	0.5
"	"	"	"	"	"	11.05.2015	793	515	7.18	264	23.89	1.1

Çizelge 4.1. (devam ediyor).

No	Kaynak-Akarsu Adı	Formasyon	Kot (m)	Boylam	Enlem	Önekleme Tarihi	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	pH	Eh (mV)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/s)
KS-22	Alınarınarı	Gökçeada Formasyonu	367	0566698	04645936	18.09.2014	476	309	7.54	532	13.9	1.1
KS-23	Gülpınar Kaynağı	Gökçeada Formasyonu	446	0554840	4645248	18.09.2014	580	377	7.53	458	15.0	0.6
KS-24	Kayadibi Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı-Akgöl Formasyonu Konağı	665	0554300	04642498	18.09.2014	488	317	6.93	476	17.0	1.8
KS-25	Başoluk Çeşmesi	Akgöl Formasyonu	615	0554412	04642507	18.09.2014	694	451	7.27	473	15.2	0.15
KS-26	Güllüce Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı-Ulus Formasyonu Konağı	649	0555307	04638166	18.09.2014	442	288	7.29	493	14.3	1.1
KS-27	Acısu Kuyusu	Altıyvon-Sakızdağı Formasyonu	795	0564839	04593222	19.09.2014	2785	1808	6.12	542	12.8	0.05
“	“	“	“	“	“	12.05.2015	2836	1842	6.31	333	12.5	0.1
KS-28	Çorluyuk Kaynağı	Mesozoyik Ofiyolitleri	1281	0576497	04603923	19.09.2014	532	346	8.01	530	13.2	0.3
“	“	“	“	“	“	13.05.2015	481	313	7.99	401	9.55	0.4
KS-29	Çorluyuk Kaya Kaynağı	Mesozoyik Ofiyolitleri	1276	0576443	04604012	19.09.2014	465	302	8.26	528	11.2	0.3
“	“	“	“	“	“	13.05.2015	462	300	8.24	395	10.35	0.9
KS-30	Çorluyuk Kadioğlu Kay.	Mesozoyik Ofiyolitleri	1139	0573840	04605421	19.09.2014	666	433	7.69	522	17.3	(-)
“	“	“	“	“	“	13.05.2015	638	414	8.03	376	10.66	(-)
KS-31	Kaynarca Kaynağı	Ulus Formasyonu	1133	0553758	04623115	19.09.2014	621	404	6.98	509	12.2	1.0
“	“	“	“	“	“	12.05.2015	606	394	7.66	306	9.11	1.3
KS-32	Göçkün Pınarı Kaynağı	Ulus Formasyonu	1183	0552618	04623375	19.09.2014	658	428	7.31	513	15.9	0.3
“	“	“	“	“	“	12.05.2015	645	419	7.63	324	9.10	0.5
KS-33	Everek Deresi Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı	774	0550942	04632162	19.09.2014	385	250	7.43	311	18.6	0.2
KS-34	Bakacak Dere Kaynağı	İnaltı Kireçtaşı	774	0550942	04632162	19.09.2014	538	350	7.35	517	13.9	0.4
KR-1	Düzdere		995	0557145	04627624	16.09.2014	338	220	8.49	414	14.4	0.5
KR-2	Çatak Barajı		1193	0555516	04626310	16.09.2014	298	194	8.15	435	9.9	(-)
“	“	“	“	“	“	12.05.2015	361	235	8.06	303	12.95	(-)
KR-3	Ersizlerdere		505	0558336	04633245	17.09.2014	1306	857	8.2	472	16.6	(-)
“	“	“	“	“	“	11.05.2015	823	534	8.26	326	11.1	(-)
KR-4	Ersizlerdere Memba Der.		640	0561361	04632703	17.09.2014	345	224	8.29	449	14.2	(-)
“	“	“	“	“	“	11.05.2015	348	226	8.37	249	10.3	(-)
KR-5	İkizciler Dere		993	0562453	04627614	12.05.2015	340	221	8.21	262	8.95	(-)

BÖLÜM 5

SU KİMYASI

Çalışma alanı içerisinde yer alan kaynak ve akarsuların kimyasal özelliklerini belirlemek ve kalitesini ortaya koymak amacıyla 2014 ve 2015 yıllarında kurak dönem (Eylül) ve yağışlı dönemde (Mayıs) arazi ölçümleri ve major anyon-kasyon, iz element, ve izotop analizleri amacıyla su örneklemeleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katılar (TDS), yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ölçülmüştür. Yağışlı dönem ölçümleri kurak dönem ölçüm ve analizlerine bağlı olarak sadece büyük debili kaynaklar ve iz element kirlilikleri saptanan sular için gerçekleştirilmiştir. Kaynakların kökenleri ve görelî yaşlarını saptamak amacıyla oksijen-18, döteryum, trityum izotoplarının analizleri ise çalışmanın amacına uygun olarak seçilen Pb-Zn-Cu maden alanı çevresindeki ve/veya büyük debili sularda yaptırılmıştır.

Kaynak ve akarsuların major anyon-kasyon analizleri Çizelge 5.1’de, iz element sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelge 5.3’de Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006), Çizelge 5.4’de ise çalışma alanındaki suların doyumluk analizi sonuçları yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde 28 kaynak, 4 kuyu ve 4 akarsudan alınan örneklerin major anyon ve kasyon değerleri yarı logaritmik (Schoeller, 1955, 1962) diyagramında karşılaştırılmıştır. Kimyasal yönden sınıflandırılması üçgen diyagramda (Piper, 1944) yapılmış, ayrıca suların sulama suyu açısından sınıflaması ABD Tuzluluk diyagramı ve Wilcox Diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.1. KAYNAK SULARI

5.1.1. Genel Kimyasal Değerlendirme

Çalışma alanı içerisinde yer alan kaynakların büyük bir kısmı kireçtaşlarından ve kırıntılı seviyelerden boşalmaktadır. Bununla birlikte yer yer volkanik seviyelerde de kaynak ve kuyular bulunmaktadır. Bu çalışmada ölçüm ve örneklemeler kurak ve yağışlı dönemleri kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Kurak dönem ölçümleri çalışma alanı içerisinde bulunan farklı litolojileri temsil edecek şekilde, büyük debili ve maden yatakları çevresinde bulunan yeraltı ve yüzey sularında yapılırken, yağışlı dönem ölçümleri çalışmanın amacına tam hizmet edecek olan su noktaları seçilerek yapılmıştır (Proje bütçesi de göz önüne alınmıştır).

Çalışma alanındaki tüm kaynakların genel olarak elektriksel iletkenlik (EC) değerleri kurak dönemde 298-2714 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında, yağışlı dönemde 276-2836 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) arasında değişirken; TDS değerleri kurak dönemde 194-1765 mg/L, yağışlı dönemde ise 179-1842 mg/L arasında değişmektedir. Sıcaklık değerleri kurak dönemde 8.3-23.9 $^{\circ}\text{C}$; yağışlı dönemde ise 7.59-12.95 arasında yer almakta; pH değerleri kurak dönemde 6.45-8.49 arasında, yağışlı dönemde ise 6.31-8.24 arasında değişirken; Yükseltgenme-indirgenme potansiyeli (Eh) değerleri ise kurak dönemde 217-854 mV arasında, yağışlı dönemde 237-401mV arasında değişmektedir. Çalışma alanında ölçülmüş bu kaynakların dışında çalışma alanının yakınında fakat dışında Acısu Kuyusu (GK-27) bulunmaktadır. Çalışma alanının güneyinde bulunan, halk tarafında şifalı su olarak bilinen ve içme amaçlı olarak kullanılan kuyunun kurak ve yağışlı dönemdeki (EC) değerleri sırasıyla; 2785-2836 mikrosimens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sıcaklık değeri 12.8-12.5 $^{\circ}\text{C}$, TDS değeri 1808-1842 mg/L, pH değeri 6.12-6.31 ve Eh değeri ise 542-333 mV olarak llmştir.

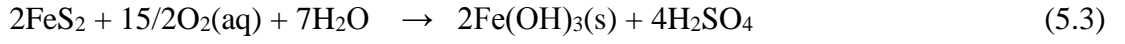
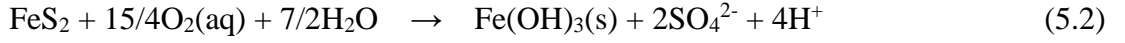
Çalışma alanındaki kaynaklar boşaldıkları birimlere göre oldukça farklı fiziksel ve kimyasal özellik göstermektedir. Kurak dönemde İnaltı Formasyonundan boşalan kaynakların (KS-3, KS-12, KS-15, KS-16, KS-33, KS-34) EC değerleri 360 ve 538 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH'ları 7.15 ve 7.66 arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise (KS-

12, KS-15, KS-16) kaynaklarının EC değerleri 359-529 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH değerleri ise 8.13 ve 10.0 arasında değişmektedir. İnaltı Formasyonunun diğer birimler ile dokanaklarından boşalan kaynakların (KS-2, KS-15 KS-6, KS-7, KS-8, KS-9, KS-24, KS-26) EC değerleri benzer özellikler sunmakta ve 434 - 570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH değerleri ise 6.93 ve 7.78 arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise (KS-15, KS-6, KS-7, KS-8) kaynaklarının EC değerleri 359-503 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH değerleri ise 7.36 ve 7.75 arasında değişmektedir.

Akgöl Formasyonundan boşalan kaynakların (KS-1, KS-14, KS-17, KS-20, KS-21, KS-25) kurak dönemde; EC değerleri 305 ve 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH değerleri ise 7.19 ve 7.66 arasında değişirken, yağışlı dönemde (KS-1, KS-14, KS-20, KS-21) sırasıyla 280-793 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ve 7.18-7.74 arasında değişmektedir. Akgöl Formasyonunun karstik kireçtaşından oluşan Kayabaşı Kireçtaşı Üyesinden boşalan kaynağın (KS-19) kurak dönemde EC değeri 343 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH'ı 7.55 iken yağışlı dönemde ise EC değeri 276 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH'ı 7.92 dir.

Akgöl Formasyonunun Küre Lav Üyesine açılmış kuyuların (KS-10, KS-11, KS-13) ise kurak dönem EC değerleri oldukça değişken olup 492 ve 2714 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH'ları 6.45 ve 7.12 arasında değişmektedir. Yüksek EC ve düşük pH değerine sahip olan GK-3 Gözlem Kuyusunu (KS-10) diğer kuyulardan oldukça derindir (985 m). Bu yeraltısularının hafif asidik oluşlarının Cu-Pb-Zn sülfürlü cevherleşmeleriyle birlikte bulunan piritin oksidasyonunun etkili olabileceği; yüksek iletkenliğinin sebebinin ise suların hafif asidik olması nedeniyle oldukça altere olmuş volkaniklerdeki birçok elementin çözünürlüğünün artması ve Pb-Zn-Cu madeni sıvı atık havuzu yakınında açılmış bu kuyunun atık sıvılardan etkilenmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yeraltı ocaklarından çıkan sızıntılardan ise örnek alınamamıştır.

Bölgedeki sülfür mineralleri (özellikle pirit) çalışma alanındaki yeraltısularının asidik karaktere sahip olmasına ve yüksek SO_4 ve Fe içermelerine neden olmaktadır. Pirit'in oksidasyonu yüksek asidik koşullar üretebilmektedir (Gündüz vd., 2007; Gündüz ve Baba, 2008; Seal vd., 2008; Baba ve Gündüz 2010). Birçok çalışmada, piritin oksidasyonu için verilen farklı reaksiyon tipleri aşağıda gösterilmiştir;



Maden atıkları içinde sulfür oksidasyonu hızlıca olmakta ve *Thiobacillus group and Ferrobacillus genera* gibi kemoterotrofik bakteriler tarafından katalizlenmektedir (Boorman ve Watson, 1976; Blowes, 1997; Tuttle vd., 1968; Akyol vd., 2003). Bu reaksiyonlar, sulfür mineralleri ile etkileşimde olan yeraltısularının asidikleşmesine sebep olmaktadır. Asidikleşme ile bazı minerallerin çözünürlüğü artmakta ve iz element açısından suların zenginleşmesine neden olmaktadır. Genellikle asidik maden sularının sulu yaşama, bitki ve hayvanlara zarar verdiği bilinmektedir (Nordstrom, 2000; Karakaya vd., 2007).

Sedimanter kayalardan oluşan Ulus Formasyonundan boşalan kaynakların kurak dönemde (KS-4, KS-31, KS-32) EC değerleri 489 ve 658 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH'ları 6.98 ve 7.31 arasında değişirken; yağışlı dönemde (KS-31, KS-32) 489 ve 658 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH'ları ise 6.98 ve 7.31 arasında değişmektedir. Ofiyolitik seviyelerinden boşalan kaynakların (KS-28, KS-29, KS-30) kurak dönemde EC değerleri 465 ve 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, pH'ları ise 7.69 ve 8.26 arasında değişmektedir.

Çalışma alanındaki kaynakların major anyon ve katyon analizlerine göre kurak ve yağışlı dönem için çizilen üçgen (Şekil 5.1.a, Şekil 5.1.b, Şekil 5.2) ve yarı logaritmik diyagramlarında (Şekil 5.3.a, Şekil 5.3.b, Şekil 5.4), cevherli kayalarda açılmış ve maden atık havuzu çevresinde bulunan kuyunun (KS-10) ve ofiyolitik kayalardan boşalan kaynakların (KS-28, KS-29, KS-30) diğer birimlerden olan farklılıkları açıkça görülmektedir. KS-10, KS-11 ve KS-13 kuyuları Pb-Zn-Cu Maden alanı içerisinde ve birbirine yakın alanlarda kuyular olup fasiyes açısından birbirlerinden farklılıklar sunmaktadır. KS-10 kuyusu 935 m derinliğe sahip derin bir kuyu olup maden sıvı atık havuzunun orta kenarında açılmıştır. Ayrıca kuyu çevresinde oldukça fazla maden pasası bulunmaktadır. KS-11 kuyusu maden sıvı atık havuzunun mansabında açılmış sığ bir kuyudur (tam derinlik bilgisine

ulaşılamamıştır). KS-13 kuyusu ise maden sıvı atık havuzunun membasında açılmış sığ bir kuyudur (tam derinlik bilgisine ulaşılamamıştır). Kurak dönem verilerine göre KS-10 kuyusu Ca-Mg-SO₄ fasiyesine sahipken KS-11 Ca-Mg-HCO₃ fasiyesinde, KS-13 ise Ca-HCO₃ fasiyesine sahiptir. Bu farklılıklar iz element açısından da kendini göstermektedir. Bu durumun KS-10 kuyusunun daha derin olmasıyla ilişkili olarak piritin oksidasyonundan daha fazla etkilenecek daha düşük pH değerine ve daha yüksek SO₄ değerine sahip olmasından ve maden sıvı atık havuzundan etkilenmesinden kaynaklanacağı düşünülmektedir. Havuzun mansabında açılmış kuyu ise sığ olup kimyasal bileşimi bakımından sıvı havuzundan etkilenmeyecek kotta olabileceği tahmin edilmektedir.yağışlı dönemde bu kuyulardan ölçüm ve örneklemeler için izin alınamamıştır. Ofiyolitik kayalardan boşalan kaynaklar (KS-28, KS-29, KS-30) Mg-HCO₃ fasiyesine sahip olup, Mg içeriğinin ofiyolitler içerisinde fazla miktarda serpantinlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Şekil 5.1.a'dan anlaşılacağı gibi KS-14 Ca-Mg-HCO₃ fasiyesinde olup SO₄ konsantrasyonları diğer sulardan fazladır. Bu durumun kaynağın Pb-Zn-Cu Maden işletme atıklarının bırakıldığı Ersizlerdere Çayı kıyısından boşalan bir su olmasından ve akarsuyun kirliliğinden etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu farklılık iz element içeriklerinde de kendisini göstermektedir. KS-21 Ca-Na-Mg-HCO₃ tipinde bir su olup, bu kaynak trityum değerlerine göre derin dolaşımli bir sudur ve daha uzun zaman Akgöl Formasyonunda bulunan kırıntılı kayalarla temas etmesi bu farklılığı oluşturabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanı dışında yer alan ve halk tarafından şifalı su olarak nitelendirilen KS-27 Kuyusu Ca-Mg-Na-HCO₃ fasiyeste olup, trityum sonuçlarına göre derin dolaşıma sahip bir sudur. 95 m derinliğe sahip olan KS-27 Kuyusu alüvyonda açılmış bir kuyu olmasına rağmen muhtemelen altta kırıntılı birimlerden oluşan ve çalışma alanında mostra vermeyen Sakızdağı Formasyonunu ve Mesozoyik Ofiyolitlerini kesmektedir. Çalışma alanındaki diğer sular ise Ca-HCO₃ fasiyesinde olan sulardır. İlerleyen bölümlerde anlatıldığı gibi Cu-Pb-Zn cevherleri içeren volkaniklerden ve derin dolaşıma sahip sular iz element konsantrasyonları açısından da farklılıklar sunmakta ve özellikle Alüminyum (Al), Arsenik (As), Baryum (Ba), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Selenyum (Se) ve Antimon (Sb) açısından Türk ve/veya Dünya İçme Suyu

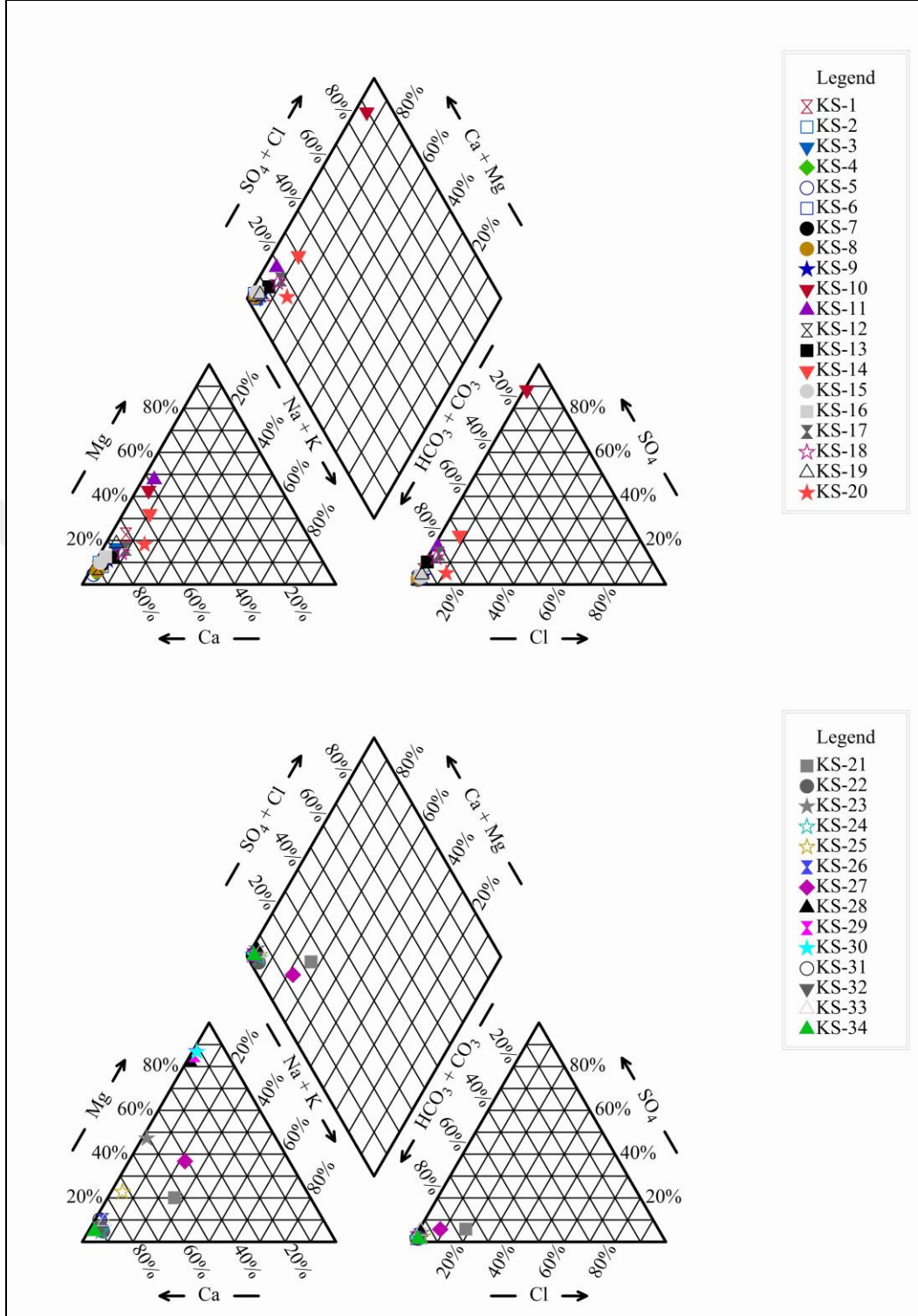
Standartlarını aşmaktadırlar. Üçgen diyagramında genel olarak yağışlı dönem verilerinde herhangi bir fasiyes değişimi gözlenmemiştir.

Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de verilen Scholler diyagramında ise Piper diyağramlarına benzer sonuçlar kendini göstermektedir. KS-10 ve KS-27 kuyularının ve Ofiyolitik kayalardan boşalan KS-28, KS-29, KS-30 kaynakların diğer sulardan farklılıkları kendini açıkça göstermektedir. Diğer sular ise genellikle birbirlerine paralel olup, benzer beslenme alanı ve koşullarını sunmaktadırlar.

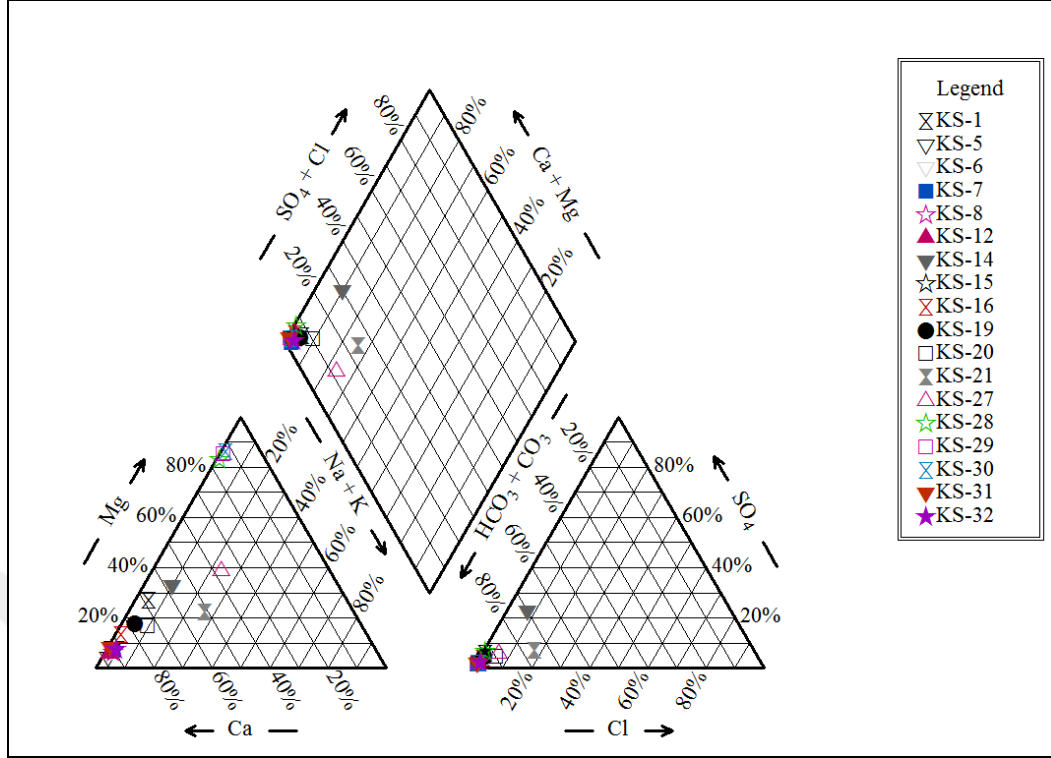


Çizelge 5.1. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları.

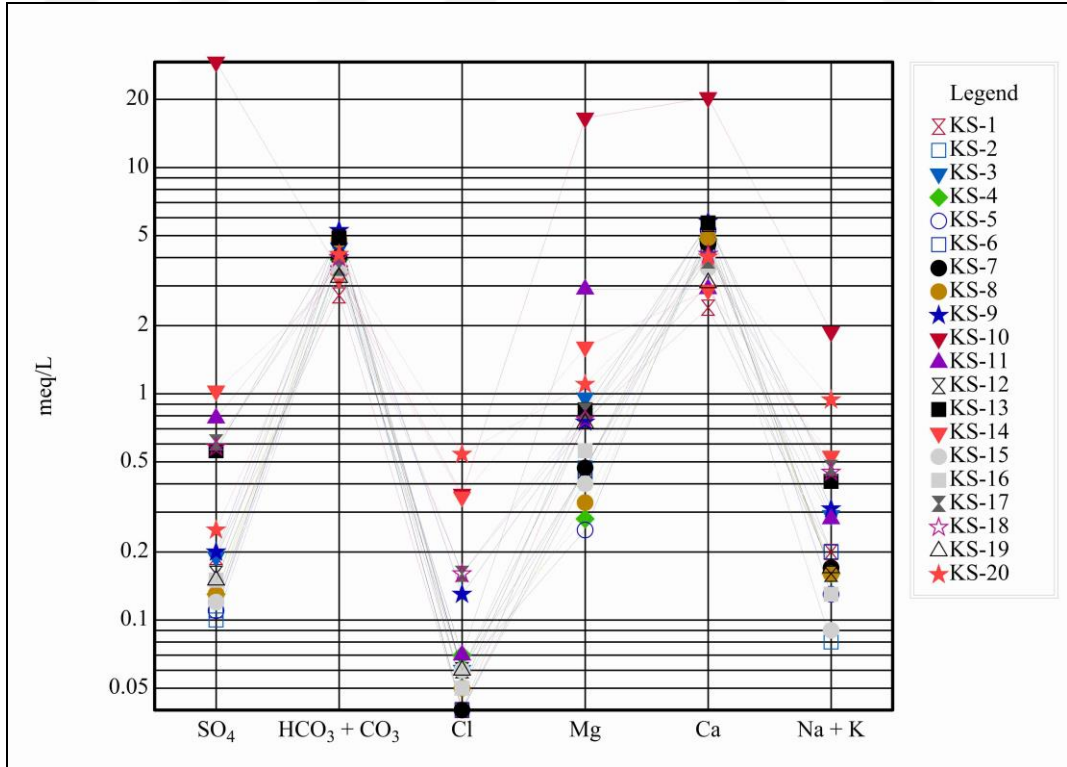
Örnek No	Kaynak-İrmak Adı	Örnekleme Tarihi	Katyonlar (meq/L)				Anyonlar (meq/L)					
			Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	F ⁻
KS-1	Soğuksu Kaynağı	15.09.2014	0.19	0.01	0.76	2.40	0.00	2.88	0.04	0.00	0.19	0.003
"	"	12.05.2015	0.18	0.005	0.96	2.45	0.00	3.20	0.047	0.00	0.18	0.003
KS-2	Kocaköy Kaynağı	15.09.2014	0.07	0.01	0.47	4.15	0.00	4.30	0.05	0.01	0.10	0.003
KS-3	Kavukkaya Kaynağı	15.09.2014	0.27	0.02	0.96	4.51	0.00	5.18	0.06	0.03	0.19	0.006
KS-4	Yukarıyayla Kaynağı	15.09.2014	0.14	0.02	0.28	4.83	0.00	4.59	0.07	0.01	0.13	0.006
KS-5	Mollo Hasan Kaynağı	15.09.2014	0.12	0.01	0.25	5.29	0.00	5.18	0.06	0.01	0.11	0.003
"	"	12.05.2015	0.125	0.014	0.246	5.534	0.00	5.437	0.051	0.00	0.103	0.004
KS-6	Karşıbostan Kaynağı	15.09.2014	0.18	0.02	0.42	4.55	0.00	4.59	0.04	0.03	0.11	0.008
"	"	12.05.2015	0.147	0.020	0.428	5.782	0.00	5.631	0.047	0.00	0.091	0.009
KS-7	Saka Pınarı Kaynağı	15.09.2014	0.15	0.02	0.47	4.60	0.00	4.59	0.04	0.01	0.12	0.008
"	"	12.05.2015	0.146	0.018	0.403	5.308	0.00	5.340	0.034	0.00	0.068	0.006
KS-8	Çıçır Kaynağı	15.09.2014	0.14	0.02	0.33	4.90	0.00	4.98	0.05	0.00	0.13	0.004
"	"	12.05.2015	0.137	0.018	0.280	4.253	0.00	4.175	0.052	0.00	0.125	0.004
KS-9	Soğuksu Kaynağı	15.09.2014	0.28	0.03	0.75	5.76	0.00	6.15	0.13	0.01	0.20	0.009
KS-10	Maden GK-3 Kuyusu	16.09.2014	1.79	0.09	16.54	20.36	0.00	6.24	0.36	0.01	29.27	0.009
KS-11	Maden GK-1 Kuyusu	16.09.2014	0.23	0.05	2.90	2.91	0.00	4.78	0.07	0.01	0.78	0.015
KS-12	Küre Kaptaj	16.09.2014	0.14	0.02	0.46	5.63	0.00	5.46	0.06	0.02	0.16	0.002
"	"	12.05.2015	0.094	0.016	0.353	5.607	0.00	5.437	0.058	0.00	0.215	0.004
KS-13	Maden GK-2 Kuyusu	16.09.2014	0.36	0.05	0.85	5.69	0.00	5.85	0.05	0.01	0.56	0.006
KS-14	Ersizlerdere Kaynağı	17.09.2014	0.51	0.02	1.61	2.87	0.00	3.41	0.35	0.05	1.03	0.008
"	"	11.05.2015	0.522	0.023	1.732	3.033	0.00	3.398	0.349	0.00	1.051	0.009
KS-15	Ersizlerdere Terkos Kay.	17.09.2014	0.08	0.01	0.40	3.59	0.00	3.71	0.06	0.01	0.12	0.002
"	"	11.05.2015	0.074	0.012	0.379	3.764	0.00	3.883	0.053	0.00	0.122	0.002
KS-16	Subaşı Kaynağı	17.09.2014	0.12	0.01	0.56	3.76	0.00	3.90	0.05	0.00	0.15	0.002
"	"	11.05.2015	0.112	0.010	0.642	4.123	0.00	4.369	0.074	0.00	0.156	0.001
KS-17	Yukarı Kulep Kuyusu	17.09.2014	0.43	0.04	0.84	3.88	0.00	4.10	0.16	0.03	0.61	0.006
KS-18	Sanayi Kuyusu	17.09.2014	0.41	0.04	0.77	4.13	0.00	4.49	0.16	0.05	0.58	0.006
KS-19	Başköy Kaynağı	18.09.2014	0.15	0.02	0.74	3.09	0.00	3.51	0.06	0.01	0.15	0.003
"	"	11.05.2015	0.158	0.017	0.580	2.614	0.00	3.010	0.057	0.00	0.136	0.004
KS-20	Ayva Kaynağı	18.09.2014	0.90	0.04	1.10	4.02	0.00	4.78	0.54	0.01	0.25	0.009
"	"	11.05.2015	0.441	0.020	0.786	3.520	0.00	3.981	0.245	0.00	0.180	0.005
KS-21	İlicak Kaynağı	18.09.2014	2.23	0.06	1.75	4.66	0.00	6.44	1.36	0.00	0.43	0.020
"	"	11.05.2015	2.327	0.052	1.977	4.553	0.00	6.408	1.322	0.00	0.503	0.016
KS-22	Alnıpınarı	18.09.2014	0.30	0.02	0.26	4.89	0.00	4.98	0.09	0.00	0.07	0.008
KS-23	Gülpınar Kaynağı	18.09.2014	0.11	0.02	3.29	3.56	0.00	6.15	0.10	0.01	0.25	0.005
KS-24	Kayadibi Kaynağı	18.09.2014	0.26	0.02	0.26	5.03	0.00	4.98	0.11	0.01	0.08	0.003
KS-25	Başoluk Çeşmesi	18.09.2014	0.31	0.05	1.84	5.89	0.00	7.32	0.20	0.02	0.16	0.010
KS-26	Güllüce Kaynağı	18.09.2014	0.15	0.01	0.50	4.33	0.00	4.49	0.06	0.01	0.13	0.003
KS-27	Acısu Kuyusu	19.09.2014	8.22	0.24	14.04	15.71	0.00	33.59	1.16	0.02	0.80	0.025
"	"	12.05.2015	8.471	0.248	13.966	13.583	0.00	32.233	1.049	0.00	0.985	0.020
KS-28	Çorluyuk Kaynağı	19.09.2014	0.09	0.01	5.23	1.06	0.00	5.76	0.05	0.04	0.28	0.007
"	"	13.05.2015	0.068	0.013	5.142	0.966	0.777	4.563	0.043	0.00	0.301	0.003
KS-29	Çorluyuk Kaya Kaynağı	19.09.2014	0.07	0.03	4.98	0.77	0.00	5.27	0.04	0.02	0.09	0.007
"	"	13.05.2015	0.077	0.029	5.115	0.803	0.777	4.563	0.043	0.00	0.092	0.002
KS-30	Çorluyuk Kadioğlu Kay.	19.09.2014	0.10	0.03	6.26	0.83	0.00	6.45	0.08	0.00	0.10	0.008
"	"	13.05.2015	0.132	0.035	7.091	1.026	0.777	6.796	0.077	0.00	0.121	0.010
KS-31	Kaynarca Kaynağı	19.09.2014	0.13	0.01	0.75	6.55	0.00	6.83	0.06	0.01	0.09	0.004
"	"	12.05.2015	0.084	0.013	0.604	6.764	0.00	6.893	0.058	0.00	0.105	0.003
KS-32	Göçkün Pınarı Kaynağı	19.09.2014	0.24	0.03	0.58	7.13	0.00	7.22	0.11	0.01	0.14	0.006
"	"	12.05.2015	0.247	0.031	0.587	7.127	0.00	7.184	0.108	0.00	0.136	0.007
KS-33	Everek Deresi Kaynağı	19.09.2014	0.17	0.02	0.42	3.92	0.00	4.10	0.04	0.00	0.20	0.003
KS-34	Bakacak Dere kaynağı	19.09.2014	0.12	0.02	0.27	5.27	0.00	5.27	0.09	0.01	0.06	0.004
KR-1	Düzdere	16.09.2014	0.26	0.04	0.75	2.83	0.00	3.12	0.07	0.00	0.47	0.010
KS-2	Çatak Barajı	16.09.2014	0.13	0.04	0.26	3.02	0.00	3.02	0.04	0.00	0.11	0.006
"	"	12.05.2015	0.114	0.030	0.297	3.797	0.388	3.495	0.047	0.00	0.095	0.005
KR-3	Ersizlerdere	17.09.2014	0.88	0.24	5.45	10.87	0.00	2.54	0.21	0.07	15.08	0.007
"	"	11.05.2015	0.392	0.091	3.865	6.194	0.583	2.816	0.142	0.005	7.351	0.008
KR-4	Ersizlerdere Memba Der.	17.09.2014	0.18	0.03	0.42	3.25	0.00	3.32	0.06	0.01	0.21	0.003
"	"	11.05.2015	0.182	0.028	0.469	3.629	0.583	3.107	0.072	0.00	0.199	0.005
KR-5	İkizciler Dere	12.05.2015	0.24	0.039	0.58	3.25	0.78	2.72	0.08	0.00	0.26	0.005



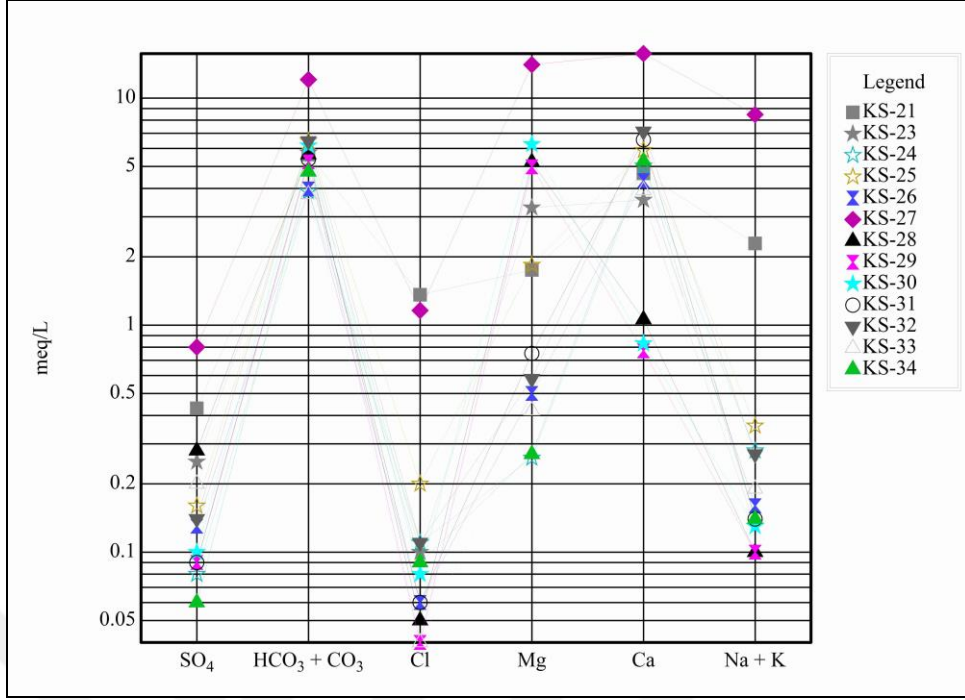
Şekil 5.1. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması (Kurak Dönem).



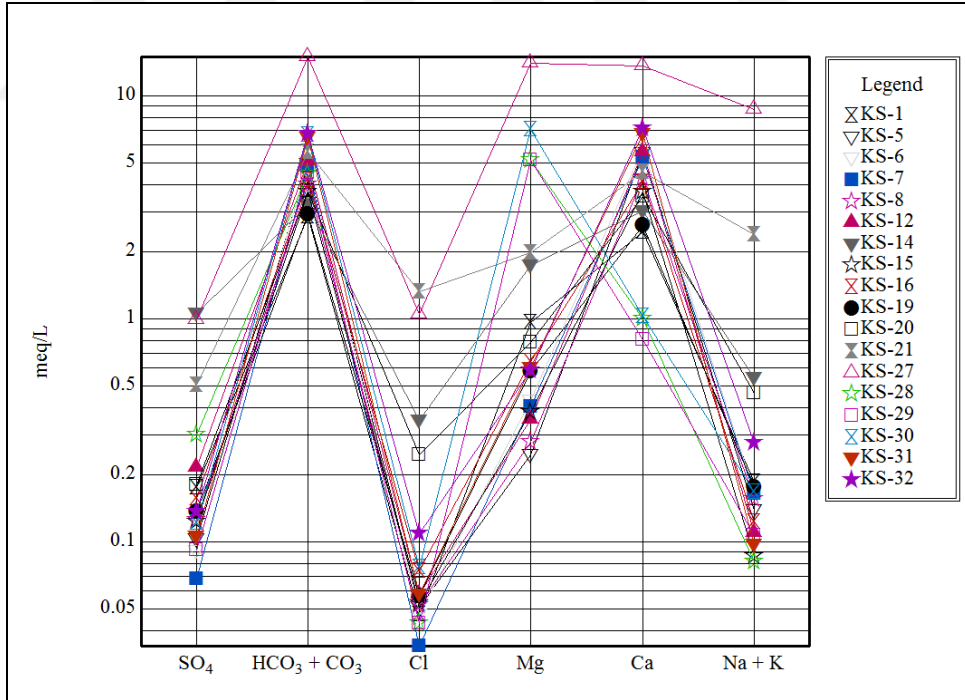
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki kaynak sularının üçgen diyagramda (Piper, 1944) karşılaştırılması (yağışlı dönem).



Şekil 5.3. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem).



Şekil 5.3. (devam ediyor).



Şekil 5.4. Çalışma alanındaki kaynak sularının yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (yağışlı dönem).

5.1.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme

İçme sularında aranan başlıca özellikler, sağlığa zararlı olmaması ve içiminin hoş olmasıdır. Suyun hoş içimli ve serinletici olması; fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık yönünden uygunluğu ise kimyasal, bakteriyolojik özellikleri ile ilgilidir (Doğan, 1991). İçme sularında ağır metallerin miktarı oldukça önemlidir. Bazı metaller çok küçük miktarda bile insan sağlığı açısından ters etki yapabilmektedir. Metallerin hareketliliği kayadaki toplam konsantrasyona, kayaç özelliklerine, metal özelliklerine ve çevresel faktörlere (yağış, sıcaklık, pH, Eh, vb.) bağlıdır. İz elementlerin durumu ve hareketliliği çözünme-çökme, adsorbsiyon-desorpsiyon, kompleksleşme-ayırma ve yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları gibi bazı kimyasal ve biyokimyasal süreçler tarafından kontrol edilmektedir (He vd., 2005; Keskin, 2010). Farklı metaller farklı hareketliliğe sahiptirler. Yükseltgeyici ve sulu çevre koşulları altında sülfürler hızlı bir şekilde yükseltgenir ve Fe, Cu, Zn ve Pb elementleri sülfürlerden ayrılır ve yeraltı ve yüzeysularına katılabilir. İndirgeyici koşullar altında, Fe ve Mn oksitler Fe^{3+} - Fe^{2+} ve Mn^{4+} - Mn^{2+} olarak yavaş bir şekilde çözünürler (He vd., 2005).

Sularda bulunabilecek çeşitli maddeler için farklı ülkelerde değişik limitler kabul edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında çalışma alanındaki sular içme suyu açısından değerlendirilirken Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları (WHO, 2006) dikkate alınmış ve bu standart Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Türk ve Dünya İçme Suyu Standartları ile çalışma alanında bulunan kaynak sularının kurak ve yağışlı dönemlerdeki analizlerinden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre yeraltısularının EC değerleri 276-2836 $\mu S/cm$ arasında değişmekte olup KS-10 ve KS-27 kuyuları sırasıyla 2714 $\mu S/cm$ ve 2836 $\mu S/cm$ değerleriyle Türk İçme Suyu Standartlarında (Sağlık Bakanlığı, 2005) verilen 2500 $\mu S/cm$ üst sınırı değerini aşmaktadırlar.

Kaynak sularının pH değerleri kurak dönemde 6.12-8.26 arasında, yağışlı dönemde ise 6.31-8.24 değişmekte olup, KS-10 ve KS-27 Kuyularının pH değerleri Türk İçme

Suyu Standardındaki alt limit değerinin (6.5) altında kalmaktadırlar. Kaynakların sodyum değerleri kurak dönemde 1.64-188.88 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 1.56-194.83 mg/L arasında değişmekte olup Türk İçme Suyu Standartlarına göre üst sınır olan 200 mg/L'yi geçmemektedir. Klorür değerleri kurak dönemde 1.35-48.19 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 1.20-46.93 mg/L olup üst sınır olan 250 mg/L değerini aşmamaktadır. Çalışma alanında yer alan kaynakların sülfat değerleri ise kurak dönemde 2.67-1406.07 mg/L arasında olup, yağışlı dönemde ise 3.26-50.45 mg/L arasında değişmektedir. Genellikle st sınır değeri olan 250 mg/L aşmamakla birlikte, cevherli kayaçlardan boşalan KS-10 Kuyusu 1406.07 mg/L değeriyle sınır değeri birkaç kat aşmaktadır. Sularda yüksek oranda NaSO₄ ve MgSO₄'ın bulunması insanlar üzerinde mushil etkisi gösterebilmektedir (Atabey, 2005).

Çalışma alanındaki suların iz element analizleri izelge 5.2'de verilmiştir. Bu izelgedeki bazı kaynak sularının (zellikle KS-10 ve KS-27) bazı elementler (Al, As, Ba, Mn, Ni, Pb, Se ve Sb) açısından Türk İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek üst sınır konsantrasyonlarını aştığı anlaşılmaktadır. Özellikle iz element kirliliği saptanan kaynaklar sülfürlü cevherleşmelere sahip Akgöl Formasyonunun Küre Lav yesinden ve Mesozoyik Ofiyolitlerden boşalan sulardır. Bunun nedeninin, bu birimlerin cevherli seviyeler içermesi, bu kayaçların bünyesinde doğal olarak bulunan bu elementlerin, özellikle piritli seviyelerin oksidasyonu ile yeraltısularının hafif de olsa asidik karakter kazanması ve bu elementleri çözerek kendi bünyesine katmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte özellikle KS-10 Kuyusunun kirlenmesinde maden işletmesinin sıvı atık havuzundan sızmaların da etkili olabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanındaki diğer kaynaklarda ise belirgin bir major yada iz element kirliliği saptanmamıştır.

Yeraltısularının alüminyum (Al) konsantrasyonu kurak ve yağışlı dönemde >0.000001-1.135 mg/L arasında değişmekte olup, KS-10 ve KS-27 Kuyularının Al değerleri Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında st sınırı olan 0.2 mg/L değerlerini aşmaktadırlar. Alüminyum vücutta birikmesi durumunda kemik rahatsızlıkları, anemi (Akpolat ve Dilek, 2001), sinir sistemi bozuklukları (Yalçın ve Akpolat, 2001) ve alzheimer (Onur, 1997) rahatsızlıkları ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca alüminyum DNA değişikliği ve epijenetik etkilerine sebep

olmasıyla, genotoksik özelliğe sahip olup, bu etki göğüs hücrelerine etki ederse, göğüs kanserine yol açabilmektedir (Darbre, 2005).

Antimon (Sb) değerleri, kurak dönemde $<0.00001-0.01871$ mg/L arasında, yağışlı dönemli ise $<0.00001-0.01303$ mg/L arasında değişmekte olup, KS-10 ve KS-27 Kuyularının Sb değerleri Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında üst sınırı olan 0.005 mg/L değerlerini aşmaktadırlar. Arsenik (As) değerleri kurak dönemde $<0.000001-0.284$ mg/L arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise $<0.000001-0.1075$ mg/L arasında değişmektedir. KS-10, KS-20, KS-21, KS-27, KS-28, KS-29, KS-30'un As konsantrasyonları standartlardaki 0.01 mg/L değerini birkaç kat aşmaktadırlar. Ayrıca kurak dönemde KS-1, KS-11, KS-14'ün As değerleri de standartları aşmamakla birlikte diğer kaynaklardan daha yüksek olup, sınır değere yakın değerlere sahiptirler. Bu sular çoğunlukla Akgöl Formasyonu, Akgöl Formasyonunun Küre Lav Üyesi ve Mesozoyik Ofiyolitlerden boşalan sulardır. Suların baryum (Ba) konsantrasyonları kurak dönemde 0.00703-1.226 mg/L arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise 0.00928-1.244 mg/L arasında değişmekte olup KS-10 ve KS-27'un konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartlardaki 0.7 mg/L değerini aşmaktadırlar.

Nikel (Ni) konsantrasyonları kurak ve yağışlı dönemde $<0.000001-0.0237$ mg/L arasında değişmekte olup KS-10 ve KS-27'nin değerleri Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek maksimum miktarı (0.02 mg/L) aşmaktadırlar. Selenyum (Se) değerleri kurak ve yağışlı dönemde $<0.000001-0.005699$ mg/L arasında değişmekte olup sınır değerleri (0.01) aşmamakla birlikte KS-10 ve KS-27 konsantrasyonları sınır değere yakın düzeyde bulunmaktadır. Çalışma alanındaki kaynakların kurşun (Pb) değerleri, kurak dönemde 0.000446-0.01907 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 0.00162-0,04117 mg/L değişmekte olup, standartlarda üst sınır olan 0.01 mg/L değerinin üzerinde değerlere sahip yeraltıları KS-10 ve KS-27 kuyularıdır. Önemli oranda toksik etkiye sahip kurşun vücutta kırmızı kan hücrelerine girmekte, demiri hücrelerin dışına atmakta ve demir eksikliğine bağlı kansızlığa neden olmaktadır (Peker, 1970; Atabey, 2005; Keskin, 2010). Kemiklerde biriken kurşun zamanla çözünerek, böbreklerde enfeksiyona ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına neden olabilmekte ve kanda kurşun miktarının artması

çocuklarda IQ seviyesi azalmasına sebep olabilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2003; Keskin, 2010). Ayrıca yönetmeliklerde verilen sınır değerini aşan kurşun miktarı metabolik zehirlenme, yorgunluk, kansızlık ve sinirlilik gibi hastalıklara neden olabilmektedir (Danış, 2005; Atabey, 2005; Keskin, 2010).

Mangan (Mn) değerleri kurak dönemde <0.000001-0.1231mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.000001-0.1416 mg/L değişmekte olup, KS-27 kaynağının Mn konsantrasyonu Türk İçme Suyu Standartlarında st sınır olan 0.05 mg/L değerini aşmaktadır. Ayrıca KS-10'un Mn değeri sınırı aşmamakla birlikte diğer kaynaklardan oldukça yüksek düzeydedir. Mangan, insan ve hayvan beslenimindeki ana elementlerden biridir (WHO, 1984 a., McNeely vd., 1979). Mangan eksikliği büyüme yavaşlaması, sinir sistemi bozuklukları, kansızlık, çocuklarda kemik bozukluklarına yol açarken, limit değeri aşması durumunda alzheimer'a ve bakteri büyümesine neden olmaktadır. Ayrıca suyun tadını bozmakta, koku oluşturmakta, bulanıklılık oluşturmakta ve mutfak malzemelerinde pas oluşumuna neden olmaktadır (McNeely vd., 1979, Griffin, 1960; Wolfe, 1960; WHO 1984 b, Akpınar, 2007). Çalışma alanındaki suların standartlarda verilen diğer iz element konsantrasyonlarının kurak dönemde sınır değerlerini aşmamaktadır.

Genel olarak birçok iz elementin ve majör iyonların konsantrasyonu yağışlı dönemde yağmur ve kar suyu etkisiyle suların seyrelmesine bağlı olarak azalmaktadır. Bununla beraber genel olarak Ba, Co, Ni, Pb ve Sr elementleri ve birçok kaynaktaki Al, As, Fe, Mn, Sb, Se, Zn elementlerin konsantrasyonları (KS-1 Fe, Mn, Zn; KS-5 Al, Mn, Sb; KS-6 Mn, Sb; KS-7 Mn; KS-12 Fe, Mn; KS-15 ve KD-16 Sb; KS-19 Se; KS-20 Mn; KS-21 As, Sb, Se; KS-27 Mn; KS- 29, KS-29 ve KS-30 As, Sb; KS-31; Mn açısından) olasılıkla asidik yağmur suyu etkisiyle ortamın Eh ve pH dengesine bağlı olarak kayaların daha fazla çözünmesinden dolayı artış göstermektedir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları (ppb).

Su No	Tarih	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	La
KS-1	15.09.2014	<0.001	21.75	4.504	<0.001	73.24	7.033	<0.001	0.075	0.006	0.054	0.575	0.436	<0.001	0.001	<0.001	0.159	<0.001	0.179	0.003	0.001	0.011
"	12.05.2015	<0.001	23.55	<0.001	<0.001	(-)	12.8	<0.001	<0.001	<0.001	0.126	<0.001	0.251	<0.001	0.007	125.1	0.168	0.045	0.142	<0.001	<0.001	<0.001
KS-2	15.09.2014	<0.001	19.41	1.574	<0.001	20.47	15.53	<0.001	0.07	0.011	0.105	0.036	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.273	<0.001	0.035	<0.001	<0.001	0.023
KS-3	15.09.2014	<0.001	19.65	1.036	<0.001	28.68	27.05	0.084	0.061	0.014	0.086	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	0.537	0.003	0.094	<0.001	<0.001	0.022
KS-4	15.09.2014	<0.001	20.74	0.346	<0.001	19.27	28.4	<0.001	0.062	0.008	0.115	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.549	0.001	0.069	<0.001	0.001	0.019
KS-5	15.09.2014	<0.001	19.3	0.497	0.02	18.81	51.52	<0.001	0.115	0.021	0.109	<0.001	0.004	<0.001	0.008	<0.001	1.049	0.006	0.111	<0.001	<0.001	0.027
"	12.05.2015	<0.001	21.83	<0.001	<0.001	(-)	76.96	<0.001	<0.001	<0.001	0.39	<0.001	<0.001	<0.001	0.056	<0.001	1.726	<0.001	0.053	<0.001	<0.001	<0.001
KS-6	15.09.2014	<0.001	18.67	0.168	0.03	27.6	34.5	0.018	0.088	0.01	0.115	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	0.672	0.001	0.098	<0.001	<0.001	0.012
"	12.05.2015	<0.001	14.24	<0.001	0.246	(-)	63.96	<0.001	<0.001	<0.001	0.32	<0.001	<0.001	<0.001	0.021	<0.001	1.244	0.02	0.034	0.003	<0.001	<0.001
KS-7	15.09.2014	<0.001	21.94	<0.001	0.002	23.82	29.82	<0.001	0.081	0.011	0.11	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	0.569	<0.001	0.077	0.006	0.001	0.024
"	12.05.2015	<0.001	19.93	<0.001	0.137	(-)	49.8	<0.001	<0.001	<0.001	0.35	<0.001	<0.001	<0.001	0.015	<0.001	0.869	0.031	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-8	15.09.2014	<0.001	21.53	0.121	<0.001	16.01	55.84	<0.001	0.055	0.012	0.107	0.021	0.008	<0.001	0.007	<0.001	1.169	<0.001	0.103	<0.001	<0.001	0.013
"	12.05.2015	<0.001	17.94	<0.001	<0.001	(-)	51.63	<0.001	<0.001	<0.001	0.261	<0.001	<0.001	<0.001	0.027	<0.001	0.852	0.009	0.059	0.029	0.002	<0.001
KS-9	15.09.2014	<0.001	15.71	0.059	0.002	34.39	44.07	<0.001	0.09	0.009	0.14	<0.001	<0.001	13.44	0.007	<0.001	0.879	0.01	0.082	<0.001	<0.001	0.026
KS-10	16.09.2014	0.127	1135	284.1	0.337	1662	1161	1.014	0.538	0.709	0.592	12.17	0.471	<0.001	0.135	9.579	20.83	0.015	8.101	0.088	0.01	0.4
KS-11	16.09.2014	<0.001	20.43	4.402	<0.001	55.34	61.98	0.15	0.074	0.013	0.092	0.374	0.07	<0.001	0.008	8.336	1.161	0.004	0.199	<0.001	0.003	0.01
KS-12	16.09.2014	<0.001	16.43	0.951	0.033	25.62	23.69	0.022	0.023	0.007	0.131	<0.001	0.001	2.029	0.004	<0.001	0.436	<0.001	0.068	<0.001	<0.001	0.027
"	12.05.2015	<0.001	13.44	<0.001	<0.001	(-)	34.5	<0.001	<0.001	192.9	0.287	<0.001	<0.001	<0.001	0.031	59.8	0.771	6.547	0.263	<0.001	<0.001	144.1
KS-13	16.09.2014	<0.001	20.48	0.704	<0.001	57.54	73.92	0.053	0.042	0.011	0.134	<0.001	0.016	<0.001	0.008	<0.001	1.406	0.007	0.126	<0.001	<0.001	0.011
KS-14	17.09.2014	<0.001	15.5	5.053	0.018	105.8	40.43	<0.001	0.042	<0.001	0.099	0.167	0.018	<0.001	0.007	4.324	0.807	0.002	0.152	<0.001	0.001	0.023
"	11.05.2015	<0.001	11.84	<0.001	<0.001	(-)	86.46	<0.001	0.03	<0.001	0.112	<0.001	0.005	<0.001	0.048	<0.001	1.485	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-15	17.09.2014	<0.001	14.61	1.701	0.017	16.78	12.55	0.108	0.069	0.001	0.1	0.079	0.005	<0.001	0.001	<0.001	0.227	<0.001	0.126	<0.001	<0.001	0.008
"	11.05.2015	<0.001	10.32	<0.001	0.372	(-)	19.93	<0.001	<0.001	<0.001	0.218	<0.001	<0.001	<0.001	0.011	<0.001	0.379	<0.001	0.082	<0.001	<0.001	<0.001
KS-16	17.09.2014	<0.001	18.45	1.101	0.017	17.64	20.27	<0.001	0.077	0.004	0.173	0.05	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.368	0.002	0.103	<0.001	<0.001	0.014
"	11.05.2015	<0.001	9.855	<0.001	<0.001	(-)	32.04	<0.001	<0.001	<0.001	0.34	<0.001	<0.001	<0.001	0.019	<0.001	0.565	0.007	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-17	17.09.2014	<0.001	17.76	0.879	<0.001	58.31	78.39	<0.001	0.054	0.002	0.127	0.136	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	1.47	0.004	0.121	<0.001	0.001	0.023
KS-18	17.09.2014	<0.001	17.13	0.506	<0.001	52.33	94.28	0.077	0.064	0.013	0.124	0.038	0.009	<0.001	0.014	<0.001	1.76	0.002	0.094	<0.001	<0.001	0.024
KS-19	18.09.2014	<0.001	18.15	0.722	0.017	20.27	14.05	<0.001	0.038	0.018	0.139	0.033	0.003	<0.001	0.002	<0.001	0.287	<0.001	0.026	<0.001	<0.001	0.03
"	11.05.2015	<0.001	18.04	<0.001	<0.001	(-)	18.27	<0.001	<0.001	<0.001	0.07	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	0.274	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Çizelge 5.2. (devam ediyor).

Su No	Tarih	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Ho	La
KS-20	18.09.2014	<0.001	20.51	26.6	<0.001	200.2	53.89	<0.001	0.089	0.003	0.072	<0.001	0.775	<0.001	0.006	<0.001	1.017	0.005	0.23	<0.001	0.001	0.014
KS-20	11.05.2015	<0.001	14.94	10.27	<0.001	(-)	53.2	<0.001	<0.001	<0.001	0.148	<0.001	0.388	<0.001	0.014	<0.001	0.967	0.043	0.101	<0.001	<0.001	<0.001
KS-21	18.09.2014	<0.001	15.62	90.27	<0.001	486.4	104.2	0.052	0.058	0.016	0.091	<0.001	3.048	<0.001	0.013	<0.001	2.017	<0.001	0.43	<0.001	<0.001	0.019
"	12.05.2015	<0.001	10.62	107.5	<0.001	(-)	171.1	<0.001	<0.001	<0.001	0.203	<0.001	5.282	<0.001	0.07	<0.001	3.57	<0.001	0.305	<0.001	<0.001	<0.001
KS-22	18.09.2014	<0.001	18.36	0.337	0.017	27.58	22.08	<0.001	0.069	0.031	0.096	<0.001	0.007	<0.001	0.003	<0.001	0.41	<0.001	0.108	<0.001	<0.001	0.029
KS-23	18.09.2014	<0.001	18.72	<0.001	0.03	19.49	140.4	0.105	0.044	0.006	0.057	<0.001	0.044	<0.001	0.018	<0.001	2.793	<0.001	0.069	<0.001	<0.001	0.019
KS-24	18.09.2014	<0.001	16.86	0.475	0.023	19.08	161.8	0.086	0.058	0.006	0.085	<0.001	0.002	<0.001	0.022	<0.001	3.248	0.003	0.134	<0.001	0.001	0.023
KS-25	18.09.2014	<0.001	16.37	1.19	0.017	25.48	155.4	<0.001	0.077	0.007	0.138	<0.001	0.105	48.25	0.02	<0.001	3.059	<0.001	0.067	<0.001	<0.001	0.017
KS-26	18.09.2014	<0.001	17.73	0.074	<0.001	17.22	22.61	0.071	0.089	0.006	0.114	0.153	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.465	<0.001	0.202	<0.001	<0.001	0.022
KS-27	19.09.2014	0.076	1112	255.4	0.304	8744	1226	<0.001	0.455	0.664	4.464	15.97	0.024	<0.001	0.153	14.62	23.41	0.033	8.789	0.07	0.005	0.372
"	13.05.2015	<0.001	798.4	43.69	2.247	(-)	1244	<0.001	<0.001	<0.001	5.54	<0.001	0.072	<0.001	0.534	<0.001	22.15	0.131	0.126	0.042	<0.001	<0.001
KS-28	19.09.2014	<0.001	15.38	22.88	0.004	36.7	6.238	<0.001	0.048	0.003	0.077	2.063	0.064	<0.001	0	13.85	0.126	0.005	0.111	<0.001	0.001	0.017
"	13.05.2015	<0.001	9.626	19.82	<0.001	(-)	9.275	<0.001	<0.001	<0.001	0.027	0.534	0.107	<0.001	0.003	<0.001	0.079	0.011	<0.001	<0.001	0.004	<0.001
KS-29	19.09.2014	<0.001	20.85	25.11	0.012	28.43	8.417	<0.001	0.043	0.008	0.044	2.604	0.216	<0.001	0.002	18.61	0.16	<0.001	0.08	<0.001	<0.001	0.01
"	13.05.2015	<0.001	8.519	25.82	<0.001	(-)	13.32	<0.001	<0.001	<0.001	0.041	1.397	0.381	<0.001	0.002	<0.001	0.233	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-30	19.09.2014	<0.001	20.84	15.57	<0.001	25.49	12.96	0.036	0.086	0.016	0.057	0.572	0.011	<0.001	0.003	37.67	0.288	0.008	0.131	<0.001	<0.001	0.02
"	12.05.2015	<0.001	9.606	18.23	<0.001	(-)	19.45	<0.001	<0.001	<0.001	0.118	<0.001	0.024	<0.001	0.009	<0.001	0.275	0.011	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-31	19.09.2014	<0.001	14.25	0.488	<0.001	19.23	34.15	<0.001	0.048	0.006	0.16	0.102	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	0.645	0.004	0.024	<0.001	<0.001	0.024
"	12.05.2015	<0.001	10.42	<0.001	<0.001	(-)	49.95	<0.001	0.025	<0.001	0.402	<0.001	<0.001	<0.001	0.032	<0.001	0.916	<0.001	0.081	<0.001	<0.001	<0.001
KS-32	19.09.2014	<0.001	14.77	0.204	0.023	19.75	66.68	<0.001	0.026	0.009	0.162	<0.001	<0.001	<0.001	0.008	<0.001	1.305	<0.001	0.085	<0.001	<0.001	0.016
"	12.05.2015	<0.001	9.689	<0.001	0.293	(-)	105.2	<0.001	<0.001	<0.001	0.292	<0.001	<0.001	<0.001	0.036	<0.001	1.755	0.008	0.051	<0.001	<0.001	<0.001
KS-33	19.09.2014	<0.001	19.05	3.058	<0.001	15.95	62.73	0.025	0.044	0.005	0.089	<0.001	<0.001	<0.001	0.007	<0.001	1.313	0.005	0.077	<0.001	<0.001	0.023
KS-34	19.09.2014	<0.001	<0.001	0.071	0.004	12.75	21.81	<0.001	0.035	0.003	0.137	0.253	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.452	<0.001	0.053	<0.001	<0.001	0.009
KR-1	16.09.2014	<0.001	22.78	2.116	0.016	40.29	22.28	0.019	0.018	0.004	0.098	0.076	0.004	0.667	0.004	<0.001	0.419	<0.001	0.133	<0.001	0.001	0.007
KR-2	16.09.2014	<0.001	21.43	1.529	0.009	29.37	25.15	0.097	0.027	0.008	0.079	<0.001	0.003	<0.001	0.004	<0.001	0.506	0.006	0.081	<0.001	<0.001	0.007
"	12.05.2015	<0.001	12.7	<0.001	0.61	(-)	49.07	<0.001	<0.001	<0.001	0.189	<0.001	<0.001	<0.001	0.013	<0.001	1.03	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KR-3	17.09.2014	0.156	1186	271.4	0.15	1636	1185	0.584	0.308	0.756	51.54	27.75	0.401	3.461	0.145	<0.001	22.41	0.056	8.112	0.082	0.011	0.405
"	11.05.2015	<0.001	379.2	<0.001	<0.001	(-)	54.65	<0.001	0.861	<0.001	257.9	0.936	0.435	87.45	0.062	135.1	1.139	0.044	0.243	<0.001	0.013	<0.001
KR-4	17.09.2014	<0.001	18.47	1.296	0.004	32.41	33.82	<0.001	0.095	0.002	0.06	<0.001	0.005	<0.001	0.006	<0.001	0.608	0.002	0.128	<0.001	<0.001	0.016
"	11.05.2015	<0.001	12.02	<0.001	<0.001	(-)	52.01	<0.001	<0.001	<0.001	0.209	<0.001	<0.001	<0.001	0.026	<0.001	0.98	<0.001	0.028	<0.001	<0.001	<0.001
KR-5	12.05.2015	<0.001	14.0	<0.001	<0.001	(-)	39.0	<0.001	<0.001	<0.001	0.158	<0.001	<0.001	<0.001	0.022	<0.001	0.655	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001

Çizelge 5.2. (devam ediyor).

Su No	Tarih	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pd	Rb	Re	Sb	Se	Sm	Sn	Sr	Ti	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
KS-1	15.09.2014	0.041	0.256	<0.001	0.014	0.149	0.637	0.123	0.618	<0.001	0.13	<0.001	<0.001	<0.001	74.15	<0.001	0.082	12.07	<0.001	0.036	<0.001	5.869	0.253
“	12.05.2015	4.49	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	3.091	0.15	0.417	<0.001	0.051	<0.001	<0.001	<0.001	89.53	<0.001	<0.001	0.924	<0.001	<0.001	<0.001	62.02	<0.001
KS-2	15.09.2014	0.32	<0.001	<0.001	0.05	0.059	0.654	0.19	0.418	<0.001	0.003	<0.001	0.003	<0.001	90.25	<0.001	0.179	2.84	<0.001	0.012	<0.001	10.13	0.059
KS-3	15.09.2014	0.11	<0.001	<0.001	0.016	0.615	0.775	0.454	0.629	<0.001	0.002	<0.001	0.004	<0.001	253.1	<0.001	0.44	1.602	<0.001	0.023	<0.001	12.15	0.05
KS-4	15.09.2014	0.237	0.753	<0.001	0.006	0.44	0.816	0.756	0.683	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	275.5	<0.001	0.48	0.946	<0.001	0.049	<0.001	5.715	0.07
KS-5	15.09.2014	0.029	0.517	<0.001	0.011	0.595	0.953	0.494	0.452	<0.001	0.008	<0.001	0.004	<0.001	227.4	<0.001	0.371	0.654	<0.001	0.015	<0.001	6.026	0.064
“	12.05.2015	0.145	<0.001	<0.001	0.003	5.764	3.396	0.703	0.386	<0.001	0.075	<0.001	<0.001	<0.001	276.7	<0.001	<0.001	0.145	<0.001	0.043	<0.001	<0.001	<0.001
KS-6	15.09.2014	0.053	<0.001	<0.001	0.007	<0.001	0.548	0.711	0.788	<0.001	0.017	<0.001	0.002	<0.001	373.9	<0.001	0.3	0.442	<0.001	0.028	<0.001	11.25	0.038
“	12.05.2015	0.235	<0.001	<0.001	<0.001	4.484	21.08	0.77	0.805	<0.001	0.148	<0.001	0.017	<0.001	415.6	<0.001	<0.001	0.054	<0.001	0.038	<0.001	<0.001	<0.001
KS-7	15.09.2014	<0.001	0.553	<0.001	0.017	<0.001	0.624	0.687	0.719	0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	370	<0.001	0.285	0.189	<0.001	0.037	<0.001	6.718	0.386
“	12.05.2015	0.241	<0.001	<0.001	0.043	4.997	2.905	0.806	0.609	<0.001	<0.001	<0.001	0.018	<0.001	411	<0.001	0.125	<0.001	<0.001	0.039	<0.001	<0.001	<0.001
KS-8	15.09.2014	0.215	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.856	0.782	0.693	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	332.1	<0.001	0.354	0.31	<0.001	0.018	<0.001	5.786	0.026
“	12.05.2015	<0.001	<0.001	<0.001	0.027	1.782	3.761	0.802	0.488	<0.001	<0.001	<0.001	0.015	<0.001	383.7	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.054	<0.001	<0.001	<0.001
KS-9	15.09.2014	0.143	<0.001	<0.001	0.031	0.543	1.96	1.913	0.764	0.001	0.005	<0.001	0.01	<0.001	1005	<0.001	0.32	0.091	<0.001	0.046	<0.001	398.2	0.081
KS-10	16.09.2014	13.66	11.21	<0.001	0.274	15.1	19.07	1.975	5.003	<0.001	18.71	4.519	0.05	<0.001	1560	11.13	0.375	454.8	<0.001	0.229	0.028	48.25	3.269
KS-11	16.09.2014	2.143	<0.001	<0.001	0.013	<0.001	2.922	0.217	1.043	<0.001	0.14	<0.001	0.003	<0.001	115.6	<0.001	0.105	7.408	<0.001	0.095	0.005	5.92	0.071
KS-12	16.09.2014	<0.001	<0.001	<0.001	0.024	<0.001	1.2	0.365	0.542	0.001	0.012	<0.001	<0.001	<0.001	240.3	<0.001	0.299	1.500	<0.001	0.047	<0.001	7.614	0.093
“	12.05.2015	0.982	<0.001	<0.001	9.03	4.818	3.555	0.354	0.4	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.046	206.8	<0.001	0.074	0.111	<0.001	0.029	<0.001	<0.001	<0.001
KS-13	16.09.2014	0.523	1.998	<0.001	0.009	0.112	0.505	0.563	0.967	<0.001	0.518	0.138	0.001	<0.001	280.5	<0.001	0.851	0.885	1.65	0.02	<0.001	5.394	0.037
KS-14	17.09.2014	4.517	<0.001	<0.001	0.005	0.112	0.669	0.25	0.803	0.003	<0.001	0.309	<0.001	<0.001	220.8	<0.001	0.013	10.49	<0.001	0.013	<0.001	44.66	0.072
“	11.05.2015	0.064	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.622	0.756	0.69	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	271.9	<0.001	<0.001	0.194	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-15	17.09.2014	0.015	1.747	<0.001	0.004	<0.001	0.493	0.122	0.406	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	90.24	<0.001	0.178	4.469	<0.001	0.013	<0.001	5.326	0.033
“	11.05.2015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.078	3.081	0.183	0.229	<0.001	0.043	<0.001	<0.001	<0.001	111.8	<0.001	<0.001	0.237	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-16	17.09.2014	0.145	<0.001	<0.001	0.004	0.591	0.604	0.188	0.324	0.002	0.066	<0.001	0.001	<0.001	101.2	<0.001	0.363	1.888	<0.001	0.02	<0.001	4.856	0.021
“	11.05.2015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.369	2.049	0.264	0.182	<0.001	0.072	<0.001	<0.001	<0.001	137.4	<0.001	0.049	0.25	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
KS-17	17.09.2014	0.107	0.029	<0.001	0.007	<0.001	0.446	0.471	0.639	<0.001	0.071	0.159	<0.001	<0.001	243.3	<0.001	0.91	1.121	<0.001	0.024	<0.001	6.089	0.05
KS-18	17.09.2014	0.019	0.08	<0.001	0.006	<0.001	0.673	0.667	0.755	<0.001	0.035	0.0095	0.009	<0.001	361.5	<0.001	0.923	0.817	<0.001	0.022	0.002	6.214	0.033
KS-19	18.09.2014	0.144	<0.001	<0.001	0.007	<0.001	0.643	0.393	0.391	<0.001	0.059	<0.001	0.003	<0.001	138	<0.001	0.363	0.665	<0.001	0.015	<0.001	5.333	0.03
“	11.05.2015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	2.752	0.179	0.283	<0.001	<0.001	0.222	<0.001	<0.001	135.3	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.014	<0.001	<0.001	<0.001

Çizelge 5.3. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartları (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006).

STANDART	TS 266-2005	WHO-2006
Maddenin Adı	İzin Verilebilecek Max. Miktar (mg/l)	Yönetmelik Değeri
1. Organoleptik Özellikler		
Berrak, tortusuz, kendine has renkte ve kokusuz olmalıdır		
2. Mikrobiyolojik Özellikler		
2.1. Escherichia coli (E. Coli)	0	
2.2. Enterococci	0	
2.3. Pseudomonas aeruginosa	(-)	
2.4. Koloni sayımı, 22 °C'de	(-)	
2.5. Koloni sayımı, 37 °C'de	(-)	
3. Kimyasal Özellikler		
3.1. Antimon (Sb)	0.005	0.02
3.2. Arsenik (As)	0.01	0.01
3.3. Baryum (Ba)		0.7
3.3. Benzen	0.001	0.01
3.4. Bor (B)	1	0.5
3.5. Bromat (BrO ₃)	0.01	0.01
3.6. Kadmiyum (Cd)	0.005	0.003
3.7. Krom (Cr)	0.05	0.05
3.8. Bakır (Cu)	2	2
3.9. Siyanür (CN)	0.05	0.07
3.10. Florür (F)	1.5	1.5
3.11. Kurşun (Pb)	0.01	0.01
3.12. Civa (Hg)	0.001	0.006
3.13. Molibden (Mo)		0.07
3.14. Nikel (Ni)	0.02	0.07
3.15. Nitrat (NO ₃)	50	50
3.16. Nitrit (NO ₂)	0.5	3 - 0.2
3.17. Pestisitler	0.0001	
3.18. Toplam Pestisit	0.0005	
3.19. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0.0001	
3.20. Selenyum (Se)	0.01	0.01
4. Yukarıdaki Standartlara Uygunluğun İzlenmesinde Dikkate Alınacak Özellikler		
4.1. Alüminyum (Al)	0.2	0.2
4.2. Amonyum (NH ₄)	0.5	
4.3. Klorür (Cl)	250	
4.4. Clostridium perfringens	0	
4.5. Renk	20 (pt-Co) skalası	
4.6. İletkenlik	2500 µS/cm	
4.7. pH	6.5 - 9.5	
4.8. Demir (Fe)	0.2	
4.9. Manganez (Mn)	0.05	0.4
4.10. Koku	Suyun kokusunda fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.11. Sülfat (SO ₄)	250	
4.12. Sodyum (Na)	200	
4.13. Tat	Suyun kendine has tadında fark edilebilir değişiklik olmamalıdır	
4.14. Koloni sayımı 22 °C'de	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.15. Koliform bakteri	0	
4.16. Toplam organik karbon	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.17. Bulanıklık	5 NTU	
4.18. Tritiyum (³ H)	100 Bq/L	
4.19. Toplam gösterge dozu	0.1 mSv/yıl	
4.20. Alfa aktivitesi	0.1 Bq/L	
4.21. Beta Aktivitesi	1 Bq/L	
4.22. Uranyum		0.015

(-) işareti bu özelliğin aranmayacağı, boş alanlar ise yönetmelikte herhangi bir değer olmadığını ifade etmektedir.

5.1.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme

Sulama suyu kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan kriterler şunlardır (Eröz, 1986):

1. Suda çözünebilir iyonların toplam konsantrasyonu: Genellikle elektriksel iletkenliğe göre yapılan sınıflamada EC değeri 0-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye kadar olan sular, drenaj sorunu olmayan alanlarda geniş çapta kullanılmaktadır. Ancak bu değerden fazla olursa, tuzluluk sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu topraklarda yalnız tuza dayanımları fazla olan bitkiler yetiştirilebilir.

2. Sodyum katyonunun suda (çözeltide) bulunan diğer katyonlara oranı: Sodyum iyonunun zararlı ve istenmeyen etkisinin oluşmaması için, sodyum zararının bir ölçüsü olarak önceleri "sodyum yüzdesi" değeri kullanılmıştır. Bu değer,

$$\% \text{Na} = (\text{Na}^+ / \sum \text{Katyon})$$

şeklinde hesaplanır ve genellikle 50 veya 60'dan yüksek olması istenmez.

Sodyum zararının saptanmasında en çok kullanılan bir diğer kriter de "sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)" dır. SAR değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

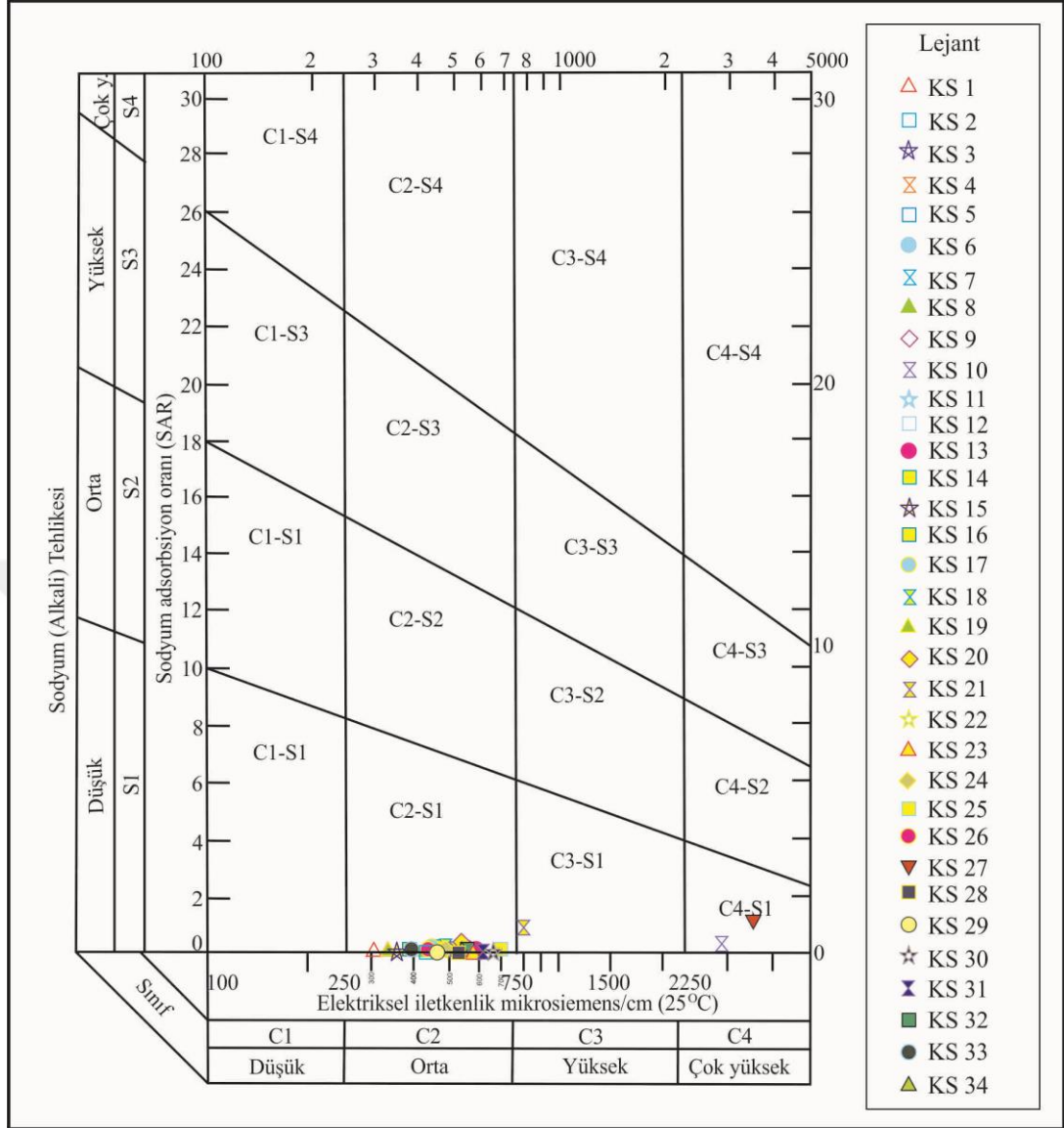
$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} /)]^{1/2} \quad (5.5)$$

SAR değeri 0-10 arasında olan sularda sodyum zararı düşük, 10-18 arasında orta, 18-26 arasında yüksek ve 26'dan fazla ise çok yüksektir.

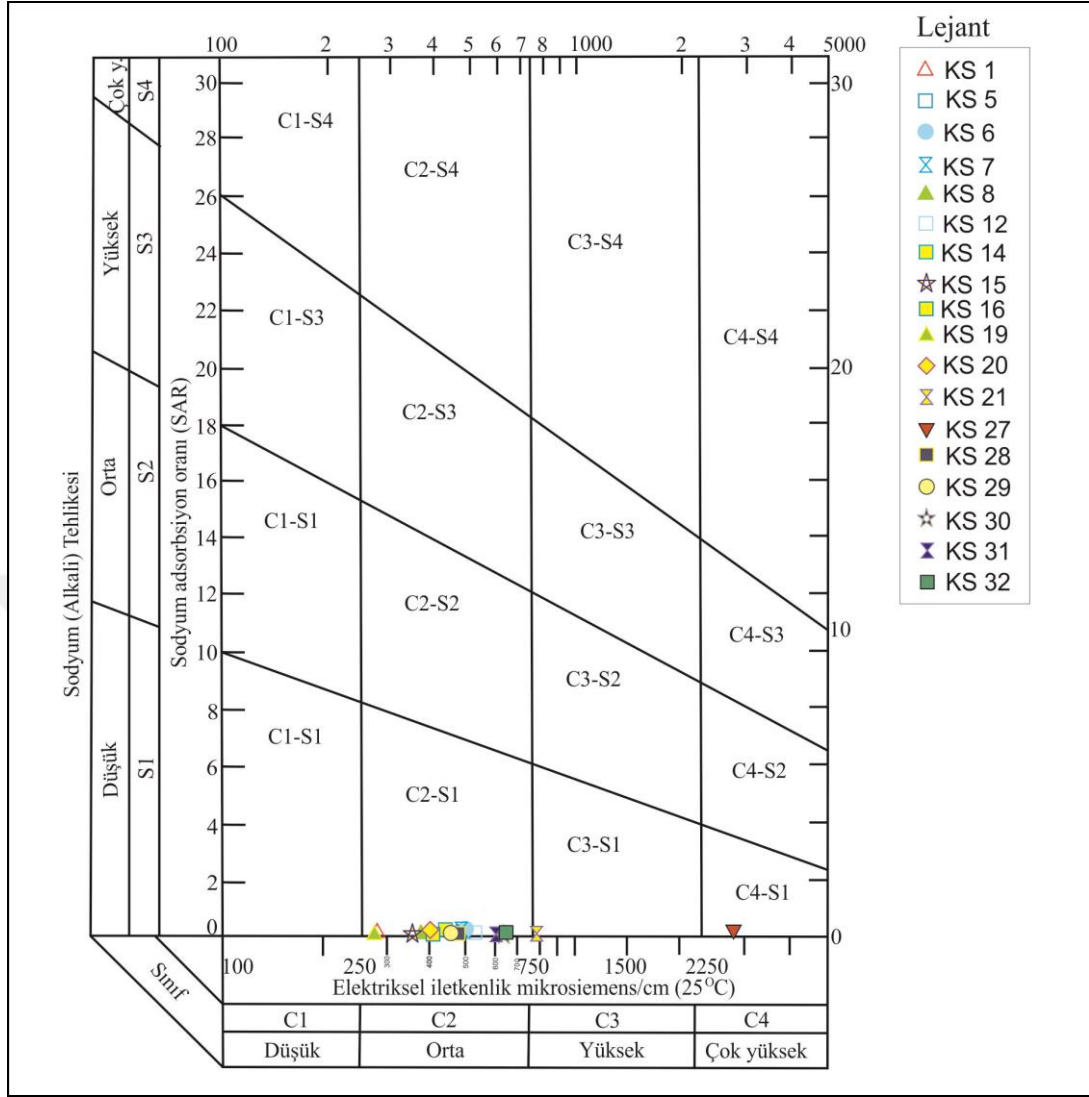
Çalışma alanı içerisinde yer alan yeraltısularının sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 5.5, Şekil 5.6) ve Wilcox Diyagramı (Şekil 5.7, Şekil 5.8) çizilmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı, SAR ve EC; Wilcox Diyagramı ise %Na ve EC esas alınarak çizilmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre, çalışma alanında bulunan suların kurak ve yağışlı dönemde

çoğunluğu “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C2-S1 sınıfında yer almakla birlikte, KS-21 kaynağı “düşük sodyumlu-yüksek tuzlu” C3-S1 sınıfında, KS-10 ve KS-27 Kuyuları ise “düşük sodyum-çok yüksek tuzlu” yani C4-S1 sınıfında yer almaktadır. Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ise benzer sonuçlar elde edilmekte olup, yeraltısularının çoğunluğu sulama suyu açısından “Çok iyi-iyi” sınıfında yer almaktadırlar. KS-21 kaynağı “iyi-Kullanılabilir” sınıfında, KS-10 ve KS-27 Kuyuları ise “şüpheli” sınıfında bulunmaktadır.

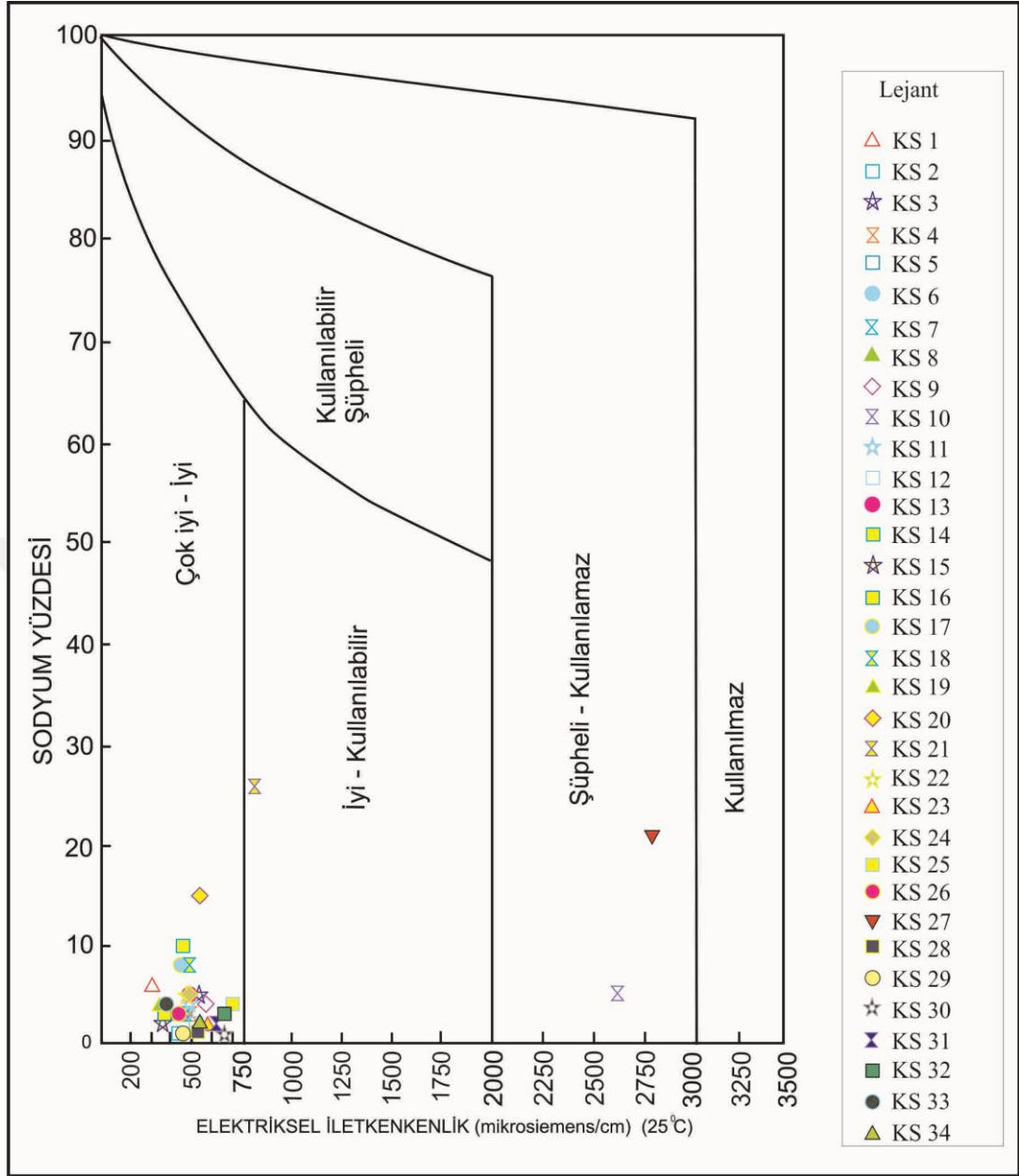
Sulama suyu diyagramlarından, kaynak sularının çoğunlukla sulama açısından uygun olduğu sonucuna varılabilmektedir. C1-S1 sınıfındaki sular, çoğu topraklarda, her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilirken, C2 sınıfındaki sular orta derecede bir yıkama varsa, tuzluluk kontrolüne gerek kalmaksızın, tuza orta derecede dayanıklı bütün bitkilerin sulanmasında kullanılabilir (Doğan, 1981). Bununla birlikte bu diyağramlar özellikle KS-10 ve KS-27 Kuyularının sulama suyu olarak kullanılamayacağını açıkça göstermektedir.



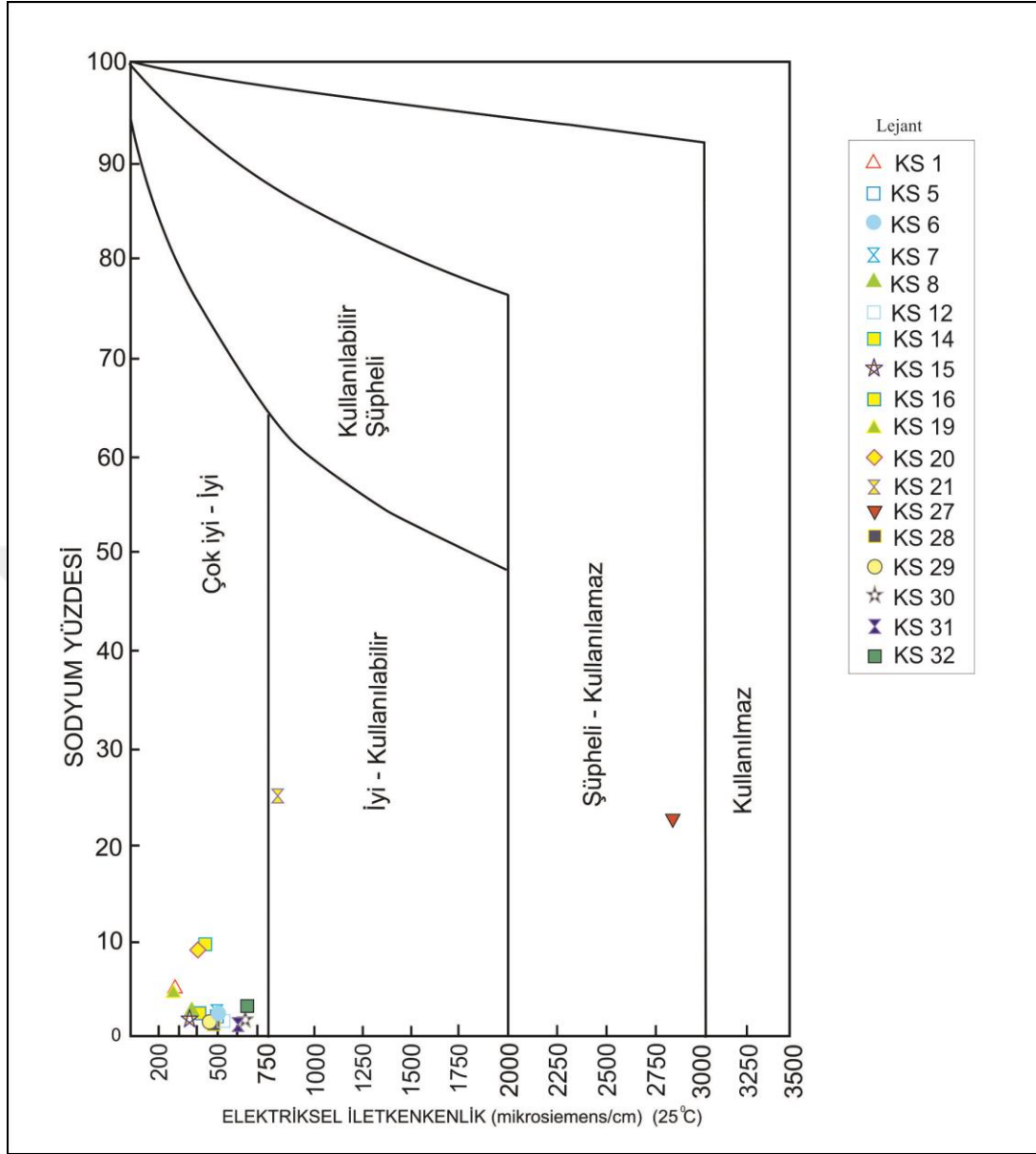
Şekil 5.5. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Kurak Dönem).



Şekil 5.6. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı Dönem).



Şekil 5.7. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak Dönem).



Şekil 5.8. Çalışma alanındaki kaynak sularının sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı Dönem).

5.2. AKARSULAR

5.2.1. Genel Kimyasal Değerlendirme

Çalışma alanında kurak dönemde seçilen 4 ayrı noktada yerinde ölçümler ve kimyasal analizler için örnek alma işlemleri yapılmıştır. Akarsuların kurak dönemde elektiriksel iletkenlikleri 298-1306 $\mu\text{S/cm}$, sıcaklık değerleri 9.86-16.62 $^{\circ}\text{C}$, pH değerleri 8.15-8.49 toplam çözünmüş katı madde miktarı 194-857 mg/L,

yükseltgenme-indirgenme potansiyeli 414-472 mV arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde ise EC değerleri 348-823 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sıcaklık değerleri 10.3-12.95 $^{\circ}\text{C}$, pH değerleri 8.26-8.6, TDS değerleri 226-534 mg/L, Eh değeri 249-326 arasında değişmektedir.

Çalışma alanında yer alan akarsular bazik karakterli olup sertlikleri kurak dönemde 16.4-81.6 FS arasında, yağışlı dönemde ise 20.5-50.3 FS arasında değişmektedir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da akarsuların kurak ve yağışlı dönem verilerine göre çizilmiş üçgen diyagramı, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de ise yine kurak ve yağışlı dönem verilerine göre çizilmiş yarı logaritmik diyagramı verilmiştir.

Kurak ve yağışlı dönemlerde çizilen üçgen diyagram yardımıyla KR-1, KR-2, KR-4 ölçüm noktaları sularının Ca-HCO₃ fasiyesinde, KR-3 ölçüm noktasının ise Ca-Mg-SO₄ tipinde olduğu anlaşılmaktadır. KR-3 (Ersizlerdere) deki bu farklılığın nedeni Pb-Zn-Cu maden alanı sıvı atıklarının bu dereye atılmasından kaynaklanmaktadır. Bu farklılık major iyonlar ve iz elementler açısından da oldukça belirgin olup, bu durum sıvı atık havuzunun membasında bulunan KR-1 ölçüm noktasının iz element konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında kendini daha çok göstermektedir.

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de verilen Schoeller diyagramında Piper diyağramına benzer sonuçlar görülmekte olup, KR-3 ölçüm noktasının birçok iyon açısından farklılığı ve SO₄ açısından zenginliği kendini açıkça göstermektedir. Diğer sular ise genellikle birbirlerine paralellik sunmaktadır.

5.2.2. İçme Suyu Açısından Değerlendirme

Çalışma alanındaki akarsular üzerinde ileride içme suyu amaçlı olarak baraj yapılabilme ihtimaline karşı akarsular içme suyu açısından Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarına göre değerlendirilmiştir.

Çalışma alanındaki akarsuların iz element analizleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Maden atıklarının verildiği KR-3 ölçüm noktasının SO₄, Al, Sb, As, Ba, Mn, Ni, Pb

açısından Türk İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek üst sınır konsantrasyonlarını aşmaktadır.

Akarsuların sülfat SO_4 konsantrasyonu kurak dönemde 5.31-724.19 mg/L, yağışlı dönemde ise 4.56-352.85 mg/L arasında değişmekte olup, KR-3 ölçüm noktası 724.19 ve 352.85 mg/L değerleriyle Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında üst sınırı olan 250 mg/L değerlerini aşmaktadır. Alüminyum (Al) konsantrasyonu kurak dönemde 0.01847-1.186 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 0.01202-0.3792 mg/L arasında değişmekte olup, KR-3 ölçüm noktasının Al konsantrasyonu Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında üst sınırı olan 0.2 mg/L değerlerini aşmaktadır. Antimon (Sb) değerleri, kurak dönemde 0.000044-0.01927 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise <0.000001-0.000374 mg/L değişmekte olup KR-3 kurak dönemdeki 0.01927 mg/L değerleriyle Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında üst sınırı olan 0.005 mg/L değerlerini aşmaktadır. Yağışlı dönemde ise sınır değere oldukça yakın bulunmaktadır. Arsenik (As) değerleri kurak dönemde <0.000001-0.2714 mg/L arasında değişirken, yağışlı dönemde ise saptama sınırı (<0.000001) altında kalmışlardır. KR-3'ün kurak dönemdeki 0.2714 mg/L değeriyle standartlardaki 0.01 mg/L değerini birkaç kat aşmaktadırlar. Bu duruma atıkların akarsuya karışması neden olmaktadır. Suların baryum (Ba) konsantrasyonları kurak dönemde 0.02228-1.185 mg/L arasında, yağışlı dönemde ise 0.039-0.05465 mg/L arasında değişmekte olup KR-3 ölçüm noktası 1.185 mg/L değerleriyle Dünya İçme Suyu Standartlarında üst sınırı olan 0.7 mg/L değerini aşmaktadırlar.

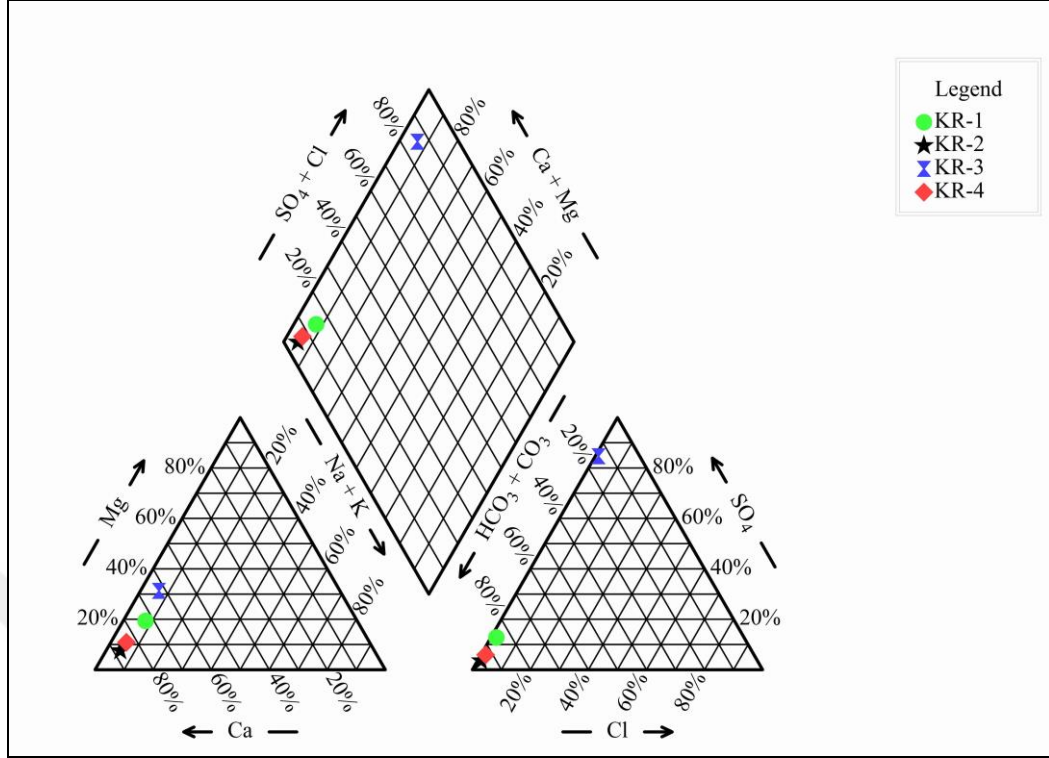
Mangan (Mn) değerleri kurak dönemde 0.000099-0.4979 mg/L arasında değişirken yağışlı dönemde ise 0.000156-2.272 mg/L arasında değişmektedir. Diğer elementlere benzer şekilde KR-3 ölçüm noktasının Mn konsantrasyonu her iki dönemde de Türk İçme Suyu Standartlarında üst sınır olan 0.05 mg/L değerini aşmakta ve çok yakın düzeyde bulunmaktadır. Nikel (Ni) konsantrasyonları kurak dönemde <0.000001-0.0299 mg/L arasında, yağışlı dönemde <0.000001-0.0237 mg/L arasında değişmekte olup KR-3 Türk ve Dünya İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek maksimum miktarı (0.02 mg/L) her iki dönemde de aşmaktadırlar. Selenyum (Se) değerleri kurak dönemde <0.000001-0.005572 mg/L arasında değişirken, yağışlı dönemde 0.000001-0.001931 mg/L arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki

akarsuların kurşun (Pb) değerleri, kurak dönemde 0.000561-0.01851 mg/L arasında, yağışlı dönemde 0.001942-0.004287 mg/L arasında değişmekte olup, her iki dönemde de standartlarda üst sınır olan 0.01 mg/L değerinin üzerinde değerlere sahip ölçüm noktası maden atıklarının verildiği KR-3'dür.

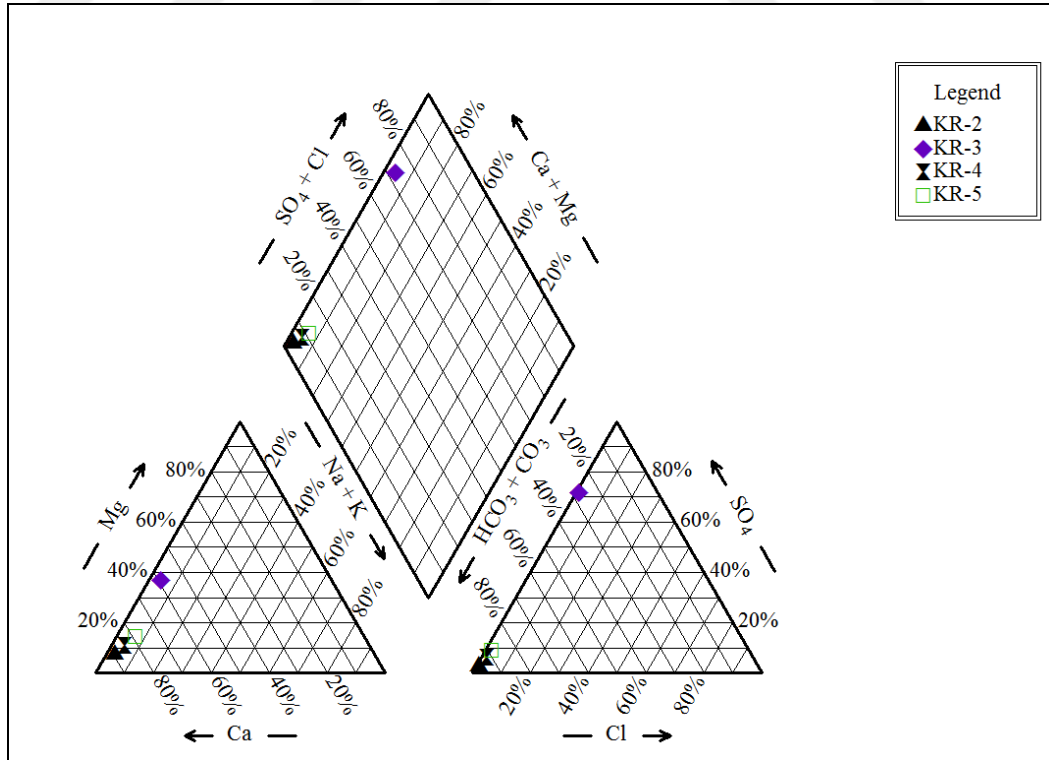
Genel olarak birçok iz elementin konsantrasyonu yağışlı dönemde yağış suyu etkisiyle suların seyrelmesine bağlı olarak azalmaktadır. Bununla beraber bazı ölçüm noktalarında genel olarak Ba, Co, Mn, Ni, Pb ve Sr konsantrasyonları yağmur suyu etkisiyle (yağmur suyu akarsuya oranla çok daha asidiktir) ortamın Eh ve pH dengesine bağlı olarak daha fazla etraftaki kayaları çözebilmesinden dolayı artış göstermektedir.

5.2.3. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme

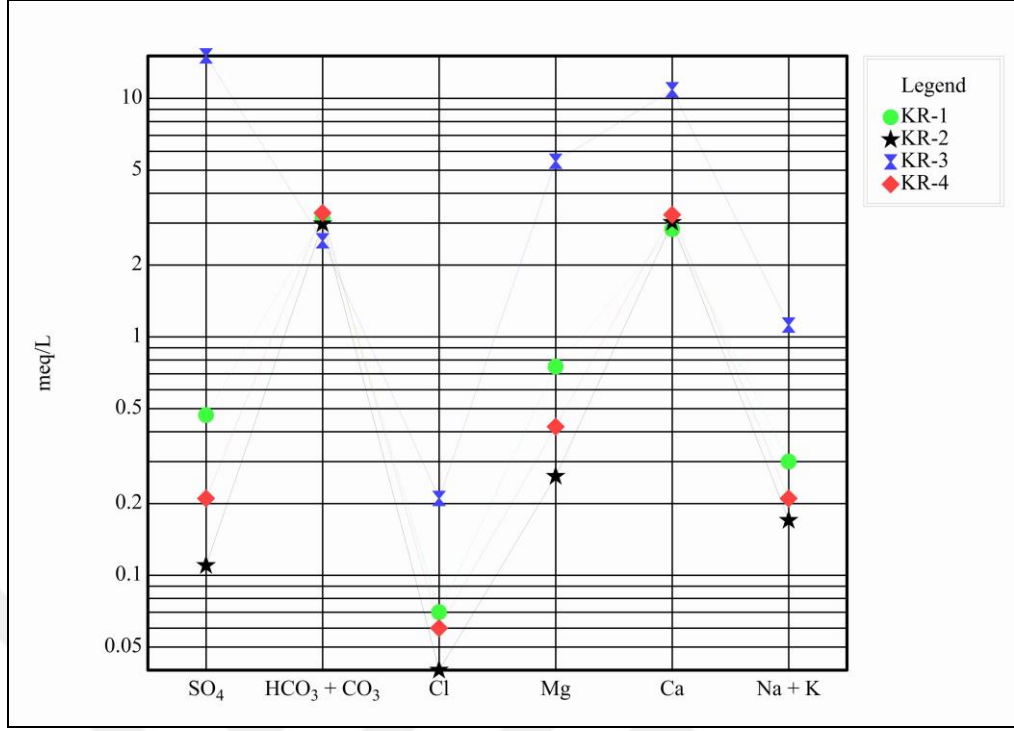
Çalışma alanı içerisinde yer alan akarsuların sulama suyu açısından değerlendirilebilmesi için ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Şekil 5.13, Şekil 5.14) ve Wilcox Diyagramı (Şekil 5.15, Şekil 5.16) çizilmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre, çalışma alanındaki ölçüm noktalarının kurak dönemde çoğunluğu “düşük sodyumlu-orta tuzlu” yani C2-S1 sınıfında yer almakla birlikte, KR-3 ölçüm noktası “düşük sodyumlu-yüksek tuzlu” yani C3-S1 sınıfında, yer almaktadır. Bu nedenle Ersizlerdede sulama suyu olarak kullanılmamalıdır. Wilcox Diyagramı kullanılarak yapılan sulama suyu sınıflamasına göre ise suların çoğunluğu sulama suyu açısından “Çok iyi-İyi” sınıfında yer almaktadırlar. KR-3 ölçüm noktası ise “İyi-Kullanılabilir” sınıfında bulunmaktadırlar.



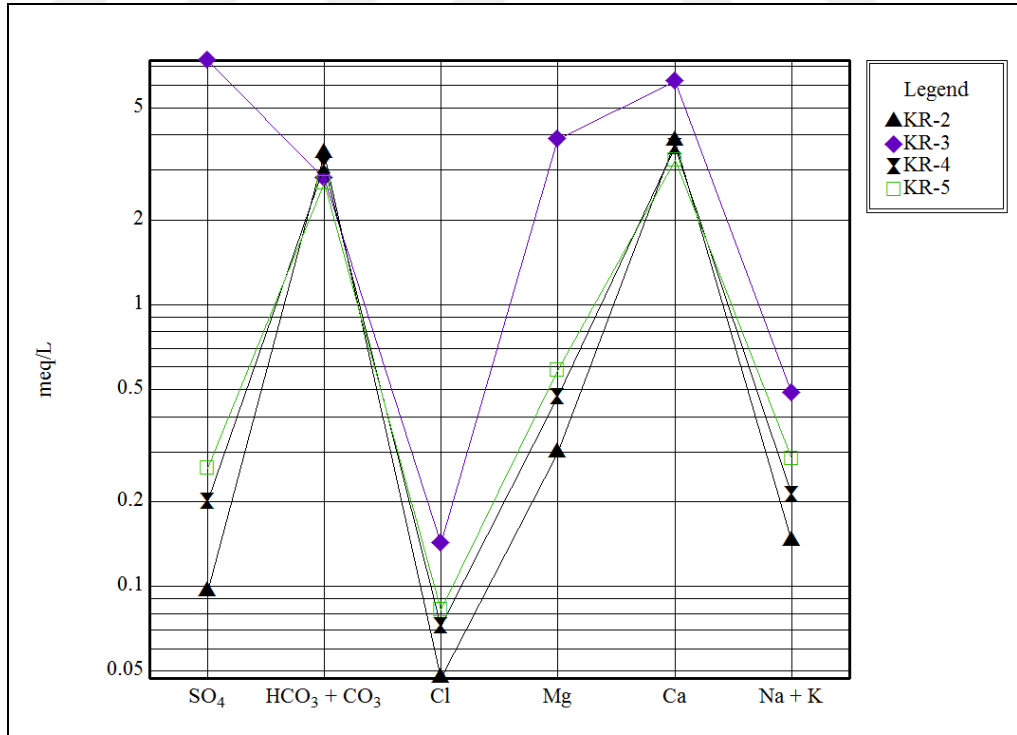
Şekil 5.9. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen (Piper, 1944) diyagramında karşılaştırılması (Kurak Dönem).



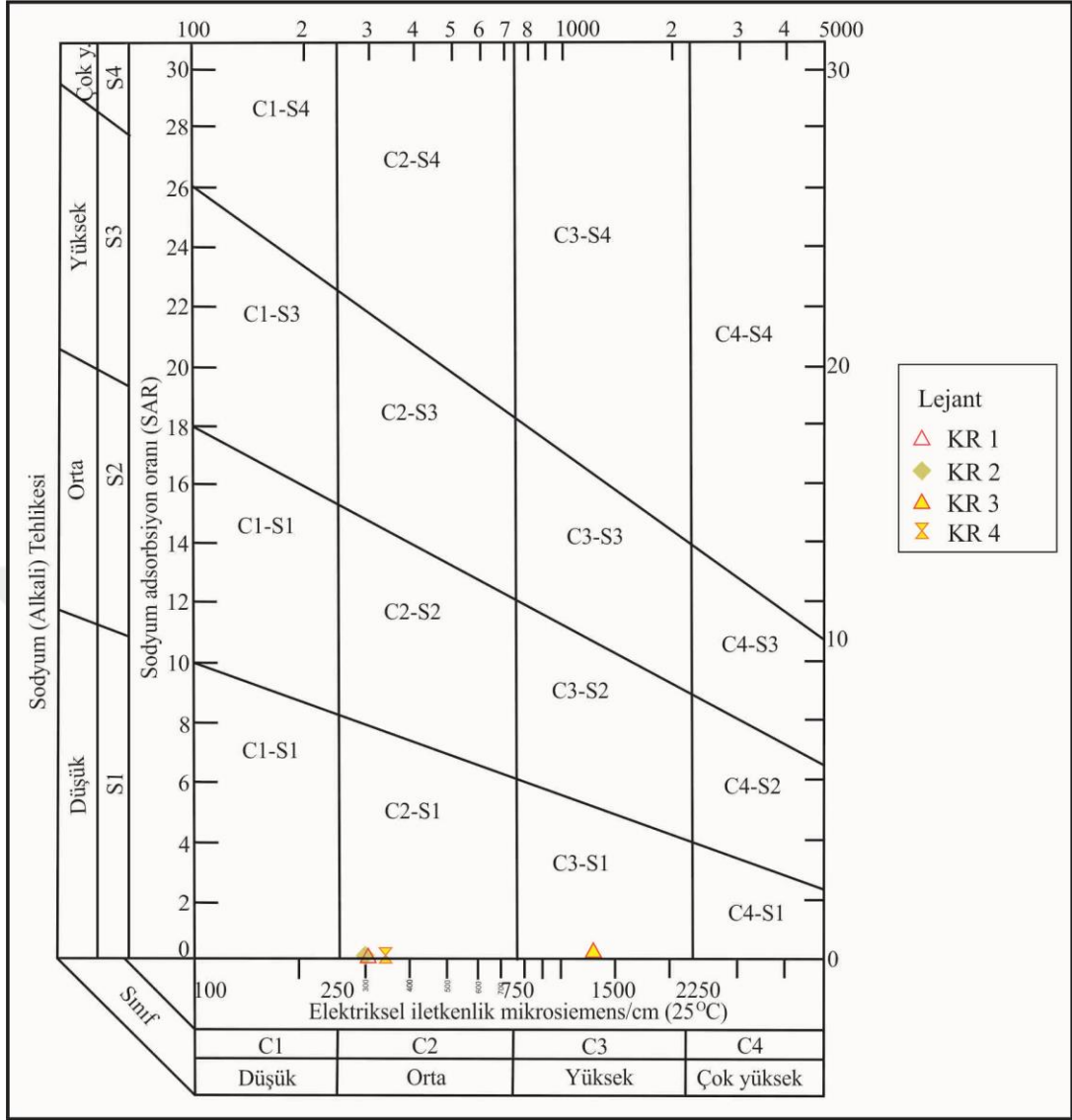
Şekil 5.10. Çalışma alanındaki akarsuların üçgen (Piper, 1944) diyagramında karşılaştırılması (Yağışlı Dönem).



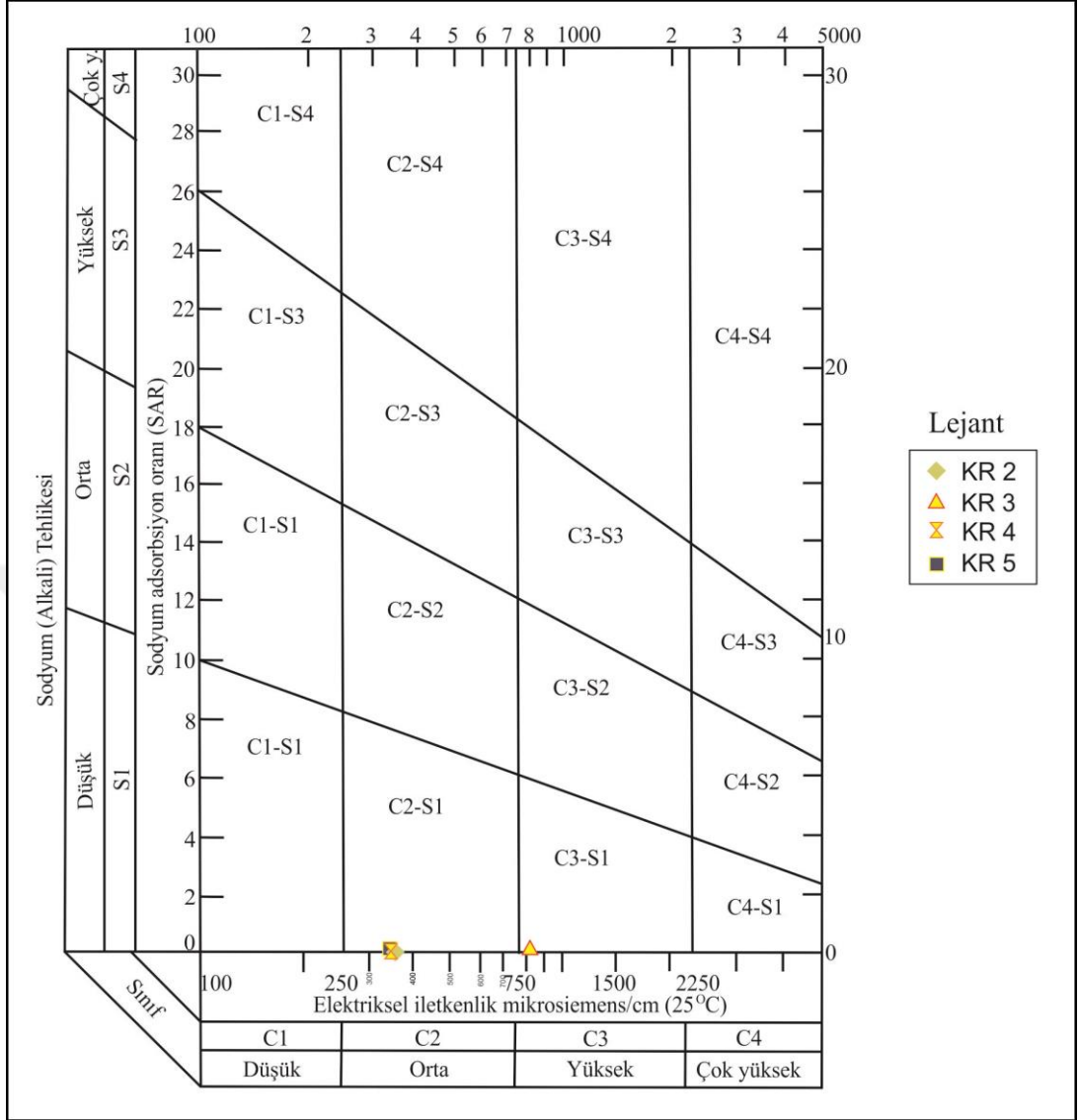
Şekil 5.11. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (kurak dönem).



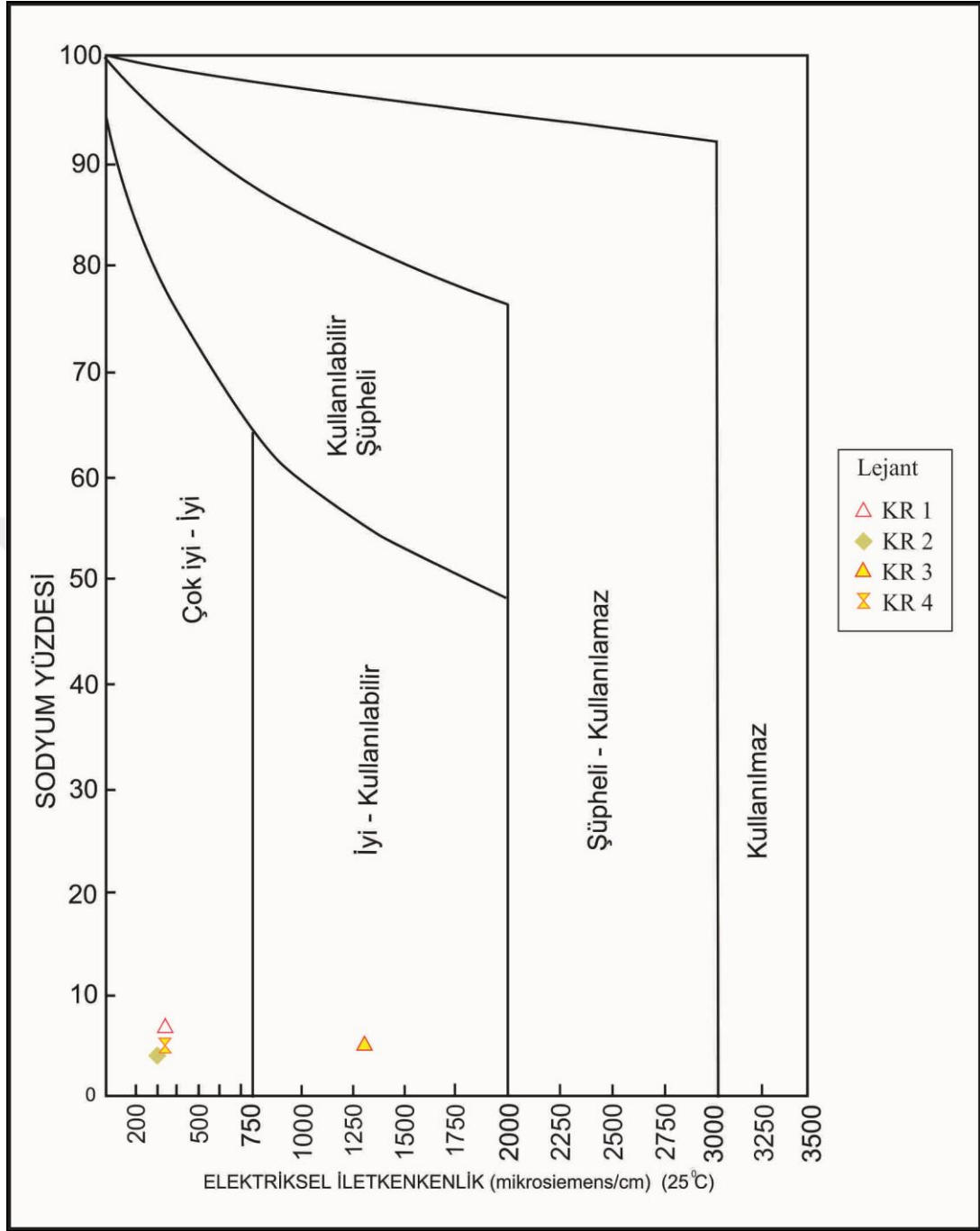
Şekil 5.12. Çalışma alanındaki akarsuların yarı logaritmik (Schoeller 1955, 1962) diyagramda karşılaştırılması (Yağışlı Dönem).



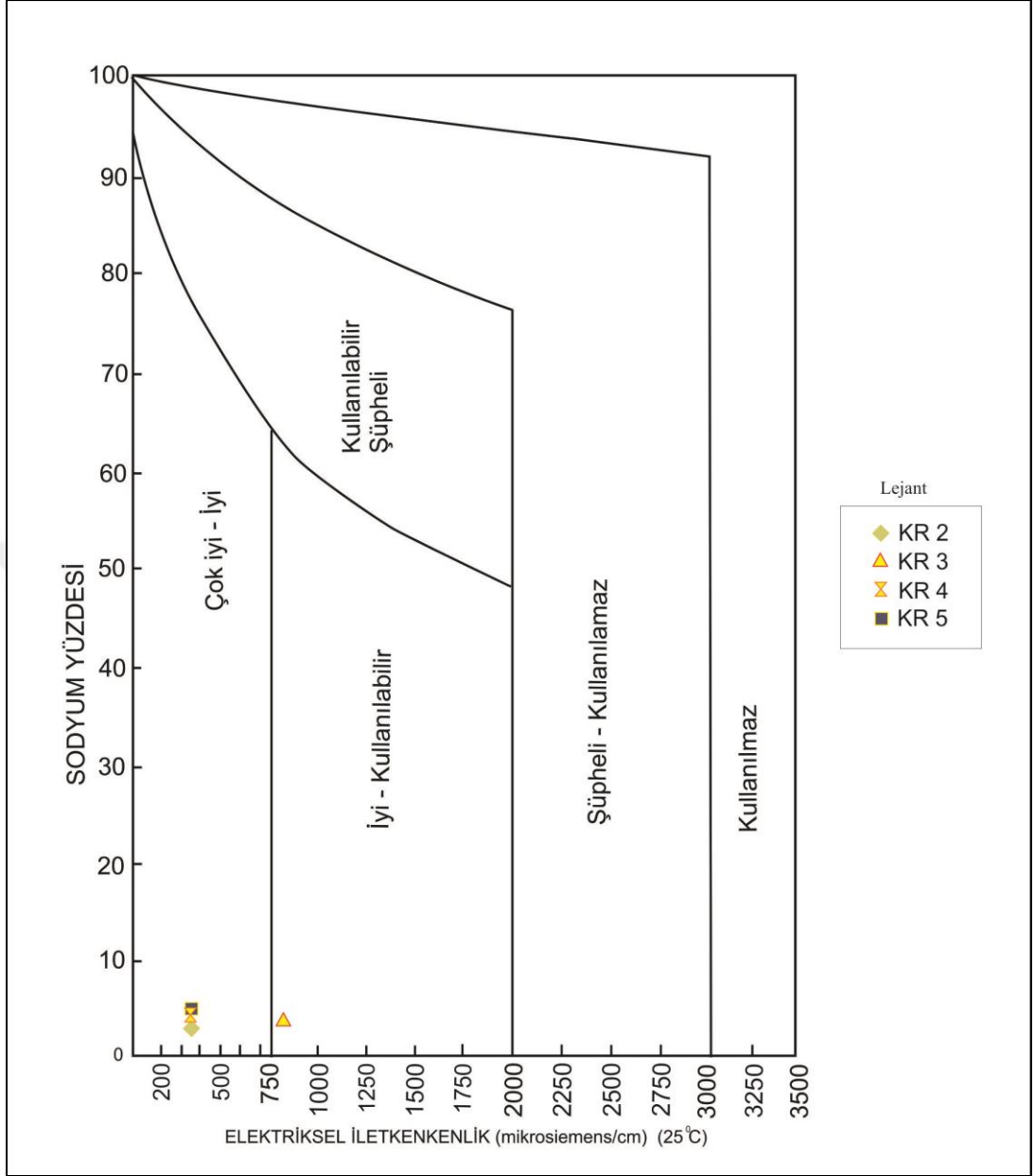
Şekil 5.13. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Kurak Dönem).



Şekil 5.14. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı) (Yağışlı Dönem).



Şekil 5.15. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Kurak Dönem).



Şekil 5.16. Çalışma alanındaki akarsuların sulama suyu sınıflandırılması (Wilcox Diyagramı) (Yağışlı Dönem).

5.3. DOYGUNLUK ANALİZİ

Yeraltısuyu sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltısuyunun çeşitli mineraller bakımından doygunluk durumunun araştırılması gerekmektedir. Doygunluk indeksi (SI), suların çözülmüş mineraller açısından denge durumundan olan sapmalarını sayısal olarak ifade etmektedir. Eğer su çözülmüş mineral açısından tam doygun ise

SI sifira eşittir. SI'nin pozitif değerleri aşırı doygunluğu, negatif değerleri ise doygun olmayan durumu göstermektedir. Doymun olmayan durumda mineral çözünməsi, aşırı doymunluk durumunda ise mineral çökelimi beklenir (Appello ve Postma, 1996; Drever, 1996; Langmuir, 1997).

Çalışma alanındaki yeraltı ve yüzeysularının çeşitli mineraller açısından doymunluk durumlarını saptamak amacıyla PhreeqCi (Parkhurst ve Appello, 1999) programı kullanılmış ve bu suların kurak ve yağışlı dönemlerdeki doymunluk durumları saptanmıştır (Çizelge 5.4). Genellikle çalışma alanındaki tüm sular gibsit ($Al(OH)_3$), götit ($FeOOH$) ve hematit (Fe_2O_3) minerallerine doymun iken, birkaç tanesi hariç alunit ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$), anhidrit ($CaSO_4$) serisit ($PbCO_3$), halit ($NaCl$), pirit (FeS_2), rodokrosit ($MnCO_3$), siderit ($FeCO_3$), sfalerit (ZnS) gibi bazı sülfat, karbonat ve sülfür minerallerine göre ise doymun değildirler.

Çalışma alanındaki yeraltı ve yüzeysularının çok büyük kısmı ise kurak ve/veya yağışlı dönemde kalsit minerallerine doymun olup, bu suların birçoğu aynı zamanda aragonit ve dolomit mineraline de doymunlar.

Suların birçok minerale doymunluk durumları kurak ve yağışlı dönemde benzerlik sunmakla birlikte, KS-6, KS-7, KS-16, KS-19, KS-20, KS-30, KS-31 gibi kaynaklarının beklenenin aksine kurak dönemde kalsit ve/veya aragonit minerallerine doymun olmayıp yağışlı dönemde bu minerallere doymun olmalarının sebebinin, debi artışına neden olan yağmur ve kar suyu etkisiyle kaynakların kurak dönemde bünyelerinde barındırdığı çözünmüş CO_2 konsantasyonunun azalması olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5.4. Çalışma alanındaki suların mineral doygunluk indeksleri (yağışlı ve kurak dönem).

Mineral	KS-1	KS-2	KS-3	KS-4	KS-5	KS-6	KS-7	KS-8	KS-9	KS-10	KS-11	KS-12	KS-13	KS-14	KS-15	KS-16	KS-17	KS-18	KS-19	KS-20
Alunit	-5.50	-3.59	-3.34	-2.64	-5.18	-3.62	-4.45	-7.69	-4.16	9.27	0.07	-3.96	-1.10	-5.70	-6.39	-4.33	-2.91	-3.20	-4.90	-3.20
"	-3.92				-4.14	-4.60	-5.09	-6.44				-5.20		-5.82	-7.07	-7.13			-7.14	-5.83
Anhidrit	-2.93	-3.03	-2.75	-2.85	-2.91	-2.97	-2.94	-2.69	-2.67	-0.47	-2.34	-2.75	-2.22	-2.20	-2.99	-2.88	-2.30	-2.30	-2.95	-2.68
"	-2.96				-2.93	-2.98	-3.13	-2.92				-2.61		-2.17	-2.97	-2.85			-3.04	-2.84
Aragonit	0.21	-0.28	-0.16	-0.21	0.14	-0.20	-0.08	0.52	0.05	-0.49	-0.65	0.10	-0.12	0.00	0.06	-0.17	-0.21	-0.11	-0.14	-0.19
"	-0.44				0.12	0.10	0.11	0.26				0.30		0.06	0.15	0.24			0.09	0.03
Kalsit	0.06	-0.13	-0.01	-0.06	0.30	-0.05	0.07	0.67	0.20	-0.34	-0.50	0.25	0.03	0.14	0.21	-0.01	-0.06	0.04	0.01	-0.04
"	-0.28				0.28	0.25	0.27	0.42				0.46		0.21	0.30	0.40			0.25	0.18
Serisit	-2.46	-2.49	-2.47	-2.37	-2.34	-2.59	-2.57	-2.42	-2.11	-1.33	-1.88	-2.18	-2.61	-2.56	-2.58	-2.50	-2.71	-2.52	-2.46	-2.47
"	-1.78				-1.72	-0.95	-1.84	-1.70				-1.70		-1.90	-2.78	-1.96			-1.82	-1.87
Dolomit	-0.72	-1.29	-0.71	-1.48	-0.77	-1.19	-0.84	0.18	-0.46	-0.79	-1.08	-0.71	-0.84	0.09	-0.63	-0.95	-0.78	-0.65	-0.69	-0.65
"	-1.10				-0.95	-0.73	-0.66	-0.44				-0.43		0.15	-0.49	-0.12			-0.27	-0.34
Gıbsit	1.54	1.88	1.71	2.00	1.54	1.77	1.60	1.04	1.46	3.74	2.08	1.74	1.95	0.95	1.35	1.71	1.53	1.50	1.57	1.65
"	1.87				1.86	1.65	1.65	1.34				1.46		0.96	1.15	1.11			1.22	1.29
Götit	2.45	1.31	1.41	1.22	2.00	1.38	1.74	2.57	1.55	3.39	4.84	1.72	1.07	6.39	2.44	1.85	1.75	1.83	2.22	1.58
"	7.22				1.79	1.67	1.88	2.56				7.31		2.57	2.52	2.53			2.74	2.36
Halit	-9.71	-10.08	-9.40	-9.65	-9.77	-9.74	-9.88	-9.78	-9.09	7.93	-9.41	-9.70	-9.42	-8.39	-9.94	-9.84	-8.81	-8.82	-9.61	-7.96
"	-9.68				-9.58	-9.79	-9.94	-9.77				-9.89		-8.37	-10.02	-9.70			-9.65	-8.59
Hematit	6.83	4.56	4.77	4.37	5.95	4.72	5.45	7.11	5.06	8.73	11.61	5.37	4.07	14.77	6.81	5.63	5.46	5.62	6.37	5.11
"	16.37				5.50	5.28	5.71	7.07				16.55		7.10	6.97	7.00			7.41	6.66
Pirit	-107.58	-100.75	-101.06	-100.07	-105.24	-101.24	-103.48	-113.10	-102.19	-81.79	-91.12	103.03	-98.34	-105.24	-108.12	-103.49	-101.99	-102.62	-105.93	-101.81
"	-97.53				-103.76	-103.28	-104.84	-109.79				-101.07		-109.41	-109.05	-109.16			-112.36	-107.45
Rodokrosit	-3.74	-3.14	-3.54	-3.27	-3.91	-3.89	-5.81	-2.72	-3.35	-2.33	-2.52	-5.74	-2.92	-1.59	-4.11	-3.34	-3.52	-4.21	-3.24	-4.33
"	-2.39				-3.25	-3.08	-3.02	-5.49				-2.28		-3.41	-5.53	-5.50			-5.44	-2.94
Siderit	-6.18	-6.24	-6.18	-6.24	-6.04	-6.21	-6.14	-6.40	-6.11	-2.77	-2.22	-6.05	-6.23	-2.51	-6.09	-6.13	-6.18	-6.13	-6.10	-6.17
"	-0.79				-6.03	-6.06	-6.04	-6.11				-0.87		-6.36	-6.10	-6.07			-6.37	-6.11
Sfalerit	-56.99	-53.41	-53.54	-53.32	-55.95	-53.63	-55.00	-59.73	-52.63	-45.53	-50.94	-54.73	-52.52	-56.83	-57.36	-55.10	-54.28	-54.60	-56.26	-54.24
"	-53.68				-59.28	-59.04	-59.83	-62.22				-60.50		-61.92	-61.85	-61.93			-63.35	-61.06

Çizelge 5.4. (devam ediyor).

Mineral	KS-21	KS-22	KS-23	KS-24	KS-25	KS-26	KS-27	KS-28	KS-29	KS-130	KS-31	KS-32	KS-33	KS-34	KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5
Alunit	-4.61	-6.54	-5.54	-3.67	-4.32	-4.73	6.93	-8.29	-9.63	-7.46	-3.22	-5.10	-5.81	-19.25	-9.85	-8.17	2.78	-9.79	
"	-5.01						6.79	-7.96	-10.48	-8.92	-6.82	-6.15				-9.30	-1.71	-10.05	-8.21
Anhidrit	-2.45	-3.15	-2.79	-3.07	-2.80	-2.91	-2.05	-3.24	-3.83	-3.84	-2.95	-2.75	-2.76	-3.22	-2.50	-3.07	-0.81	-2.78	
"	-2.39						-2.00	-3.21	-3.82	-3.66	-2.89	-2.76				-3.07	-4.98	-2.77	-2.69
Aragonit	0.09	0.24	0.17	-0.31	0.19	-0.09	-0.13	0.06	0.10	-0.25	-0.12	0.32	0.05	0.09	0.75	0.39	0.28	0.65	
"	0.06						-0.02	-0.14	0.04	0.08	0.53	0.53				0.49	0.60	0.68	0.41
Kalsit	0.23	0.39	0.32	-0.16	0.35	0.06	0.02	0.22	0.25	-0.10	0.04	0.47	0.20	0.24	0.90	0.54	0.43	0.80	
"	0.21						0.14	0.01	0.19	0.23	0.68	0.69				0.65	0.75	0.83	0.56
Serisit	-2.68	-2.32	-2.25	-2.65	-1.85	-2.47	-1.35	-1.04	-2.53	-2.60	-2.58	-2.59	-2.66	-1.80	-2.56	-2.52	-1.11	-2.46	
"	-2.00						-0.92	-2.05	-1.88	-1.87	-1.79	-1.96				-1.74	-1.66	-1.85	-1.81
Dolomit	0.16	-0.52	0.60	-1.59	0.18	-0.85	-0.05	1.09	1.25	0.70	-0.93	-0.14	-0.52	-0.82	1.21	-0.07	0.58	0.70	
"	0.16						0.23	0.64	1.10	1.22	0.20	0.17				0.14	1.22	0.69	0.26
Gibsit	1.11	1.35	1.31	1.71	1.49	1.56	3.50	0.85	0.84	1.08	1.83	1.37	1.24	-3.03	0.49	1.05	3.32	0.61	
"	0.96						3.56	0.86	0.52	0.76	1.24	1.24				0.74	2.10	0.55	0.85
Götit	1.89	2.30	2.29	0.93	1.71	1.78	2.28	7.15	7.36	7.37	0.72	1.84	2.23	1.89	2.70	2.82	2.65	2.72	
"	1.87						-1.62	2.77	2.82	2.76	2.35	2.28				2.73	8.23	2.82	2.85
Halit	-7.19	-9.20	-9.59	-9.16	-8.86	-9.67	-6.75	-9.97	-10.14	-9.76	-9.76	-9.24	-9.78	-9.59	-9.38	-9.86	-8.43	-9.60	
"	-7.19						-6.77	-10.16	-10.11	-9.63	-9.95	-9.21				-9.89	-8.91	-9.50	-9.33
Hematit	5.78	6.56	6.53	3.82	5.37	5.52	6.51	16.26	16.67	16.72	3.39	5.64	6.45	5.74	7.35	7.57	7.27	7.39	
"	5.74						-1.29	7.47	7.57	7.46	6.62	6.49				7.42	18.40	7.85	7.63
Pirit	-104.41	-108.16	-107.37	-99.08	-103.56	103.51	-79.12	-110.76	-115.39	-107.12	-98.17	-104.52	-107.07	-105.15	-124.26	-117.01	-117.07	-121.04	
"	-104.11						-86.31	-113.11	-119.20	-115.25	-108.08	-107.36				-116.87	-110.82	-120.91	-117.02
Rodokrosit	-1.95	-3.04	-3.04	-4.27	-2.14	-4.19	-2.25	-3.18	-5.13	-2.66	-2.22	-5.65	-5.63	-5.72	-5.07	-2.99	0.27	-2.63	
"	-2.20						-0.94	-5.32	-5.17	-2.80	-1.65	-5.49				-3.51	1.34	-2.67	-5.29
Siderit	-6.11	-6.05	-6.01	-6.34	-6.01	-6.13	-2.40	-2.05	-2.30	-1.33	-6.29	-5.99	-6.17	-6.06	-7.79	-6.78	-7.95	-7.33	
"	-6.11						-6.69	-6.33	-6.82	-6.30	-5.89	-5.88				-6.77	-1.73	-7.23	-6.87
Sfalerit	-55.62	-57.27	-57.11	-52.91	-54.92	-55.13	-44.41	-60.91	-63.15	-59.26	-52.57	-55.71	-56.83	-55.64	-64.95	-61.48	-60.05	-63.40	
"	-59.50						-50.73	-63.83	-66.76	-65.03	-61.53	-61.18				-65.49	-59.65	-67.38	-65.50

BÖLÜM 6

İZOTOP HİDROJEOLJİSİ

Atom bir çekirdek ve bunun etrafında belirli yörüngelerde dönen elektronlardan meydana gelmiştir. Çekirdek ise nötron ve protonlardan meydana gelmiştir. Elementler birbirinden çekirdekteki proton sayılarının farklılığı ile ayrılırlar. Bu sayı atom numarası olarak ifade edilir. Çekirdekteki nötron ve proton sayılarının toplamı ise kütle numarası olarak ifade edilir. İzotoplar atom çekirdeğinden nötron çıkartılması veya eklenmesiyle oluşurlar. Bu nedenle çekirdeğinde aynı sayıda proton fakat farklı sayıda nötron bulunan atomlara o elementin izotopu denir. Kararlı bir çekirdeğe sahip izotoplara “Kararlı İzotoplar” denir. Çekirdekteki nötron fazlalığı bazen çekirdeğin kararsız olmasına neden olur. Bu izotoplara ise “Kararsız İzotoplar” denir. Kararsız çekirdeğin kararlı duruma geçinceye kadar nükleer değişime (bozunmaya) uğramasına “Radyoaktivite” denir. Bir radyoizotop kararlı bir çekirdeğe dönüşürken bazı bazı nükleer ışınlar yayarak radyoaktif parçalanmaya uğrar. Herhangi bir radyoizotopun parçalanma oranı o izotopun yarı ömrüne bağlıdır. Bir radyoizotopun yarı ömrü belirli bir andaki atomların sayısının yarıya düşmesi için geçen zamandır ve her radyoizotop için farklıdır. Kararlı izotoplar kütle spektrometresiyle ölçülmektedir. Ölçüm tekniği manyetik bir alanda kütlelerine göre saptırılmaları ilkesine dayanmaktadır (Günay, 1977; Kurttaş, 1997). Kararsız izotoplar ise alfa parçacığı spektrometresi (Back ve Zoetl, 1975), gaz kaynaklı spektrometre, katı kaynaklı kütle spektrometresi, sıvı parıldama, gaz sayıcıları (Clark ve Fritz, 1997) gibi cihazlar kullanılarak ölçülmektedir.

Hidrojeoloji ve hidroloji alanında yapılan çalışmalarda yeraltısuyunun kökeninin, yaşının (yeraltı dolanım süresi), beslenme yüksekliğinin, akış hızının, yeraltısu ve yüzeysuyu ilişkisinin, akiferin hidrolik karakteristiklerinin (transmissivite, permeabilite) saptanması, kirlenmiş yeraltısu sistemlerinde kirlenici kaynakların belirlenmesi, sıcak suların ısıtıcı kaynaklarının araştırılması gibi birçok konuda

oksijen-18 (^{18}O), döteryum (^2H), karbon-13 (^{13}C) gibi duraylı izotoplar ve trityum (^3H), karbon-14 (^{14}C), kükürt-34 (^{34}S) gibi radyoaktif izotoplardan geniş ölçüde yararlanılmaktadır.

6.1. İZOTOP VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma alanındaki yeraltısularının kökenlerini araştırmak amacıyla büyük debili, içme amaçlı olarak kullanılan ve/veya Pb-Zn-Cu maden alanı çevresindeki kaynak üzerinde kurak dönemde ve bazı kaynaklarda yağışlı dönemde alınan örnekler üzerinde oksijen-18, döteryum, trityum izotoplarının analizleri yaptırılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 6.1’de yer almaktadır.

Çizelge 6.1. Çalışma alanındaki bazı sularının izotop analiz sonuçları.

Kaynak No	Örnekleme Tarihi	Trityum (TU)	Oksijen-18 (VSMOW ‰) (± 0.15)	Döteryum (VSMOW ‰) (± 2)
KS-1	15.09.2014	8.80 \pm 0.55	-12.41 \pm 0.11	-76.29 \pm 0.59
KS-3	15.09.2014	6.12 \pm 0.49	-12.78 \pm 0.16	-80.98 \pm 1.06
KS-6	15.09.2014	8.34 \pm 0.53	-11.45 \pm 0.14	-77.36 \pm 0.63
KS-8	15.09.2014	7.36 \pm 0.52	-12.40 \pm 0.09	-83.81 \pm 0.60
KS-10	16.09.2014	7.17 \pm 0.52	-11.79 \pm 0.11	-76.99 \pm 0.83
KS-11	16.09.2014	8.98 \pm 0.55	-12.25 \pm 0.12	-77.32 \pm 0.47
KS-12	16.09.2014	7.57 \pm 0.53	-12.10 \pm 0.13	-79.70 \pm 0.27
KS-13	16.09.2014	8.51 \pm 0.56	-11.55 \pm 0.08	-74.41 \pm 0.01
KS-15	17.09.2014	7.63 \pm 0.54	-11.98 \pm 0.13	-78.35 \pm 0.76
KS-17	17.09.2014	9.43 \pm 0.54	-11.10 \pm 0.06	-72.52 \pm 0.67
KS-18	17.09.2014	8.31 \pm 0.57	-11.19 \pm 0.04	-71.29 \pm 0.39
KS-19	18.09.2014	8.17 \pm 0.55	-11.34 \pm 0.06	-69.60 \pm 0.59
“	11.05.2015	7.34 \pm 0.50		
KS-20	18.09.2014	3.75 \pm 0.47	-10.17 \pm 0.06	-69.02 \pm 1.16
“	11.05.2015	7.41 \pm 0.50		
KS-21	18.09.2014	0.0 \pm 0.41	-10.73 \pm 0.11	-70.86 \pm 0.56
“	11.05.2015	0.0 \pm 0.36		
KS-26	18.09.2014	8.15 \pm 0.56	-10.95 \pm 0.17	-71.69 \pm 0.88
KS-27	19.09.2014	0.37 \pm 0.42	-12.81 \pm 0.10	-95.99 \pm 0.30
“	13.05.2015	0.83 \pm 0.38		
KS-28	19.09.2014	10.60 \pm 0.60	-9.87 \pm 0.06	-69.54 \pm 0.21
KS-29	19.09.2014	7.29 \pm 0.55	-11.25 \pm 0.11	-74.67 \pm 1.37
KR-1	16.09.2014	9.11 \pm 0.55	-11.32 \pm 0.04	-72.68 \pm 1.10
KR-3	17.09.2014	8.37 \pm 0.54	-10.95 \pm 0.13	-71.85 \pm 1.00

6.1.1. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi

Duraylı izotop olan oksijen-18 ve döteryum izotopları, radyoaktif olmadıkları için zamanla bozunmaları da söz konusu değildir. Bu özellikleri nedeniyle, sularda izleyici olarak kullanılmaktadır (Günay, 1977).

Bu izotoplar ile suların kökenleri, beslenme yükseklikleri vb özellikler saptanabilmektedir. D ve ^{18}O izotopları okyanuslarda yaklaşık olarak 320 ppm HDO ve 2000 ppm H_2^{18}O konsantrasyonunda bulunmaktadır. Bu konsantrasyondaki değişimler kütle spektrometresiyle ölçülmektedir. Herhangi bir su örneğinin kararlı izotop içeriği, mutlak değer olarak değil, ağır olan izotopun hafif olan izotopa oranının, belirlenmiş bir standartta farkı olarak ifade edilir (Clark ve Fritz, 1997). Bu amaçla kullanılan standartlar Ortalama Standart Okyanus Suyu (SMOW) ve buna yakın olan Viyana Standart Okyanus Suyu (VSMOW)' dur. Bu standartlardan fark olarak ölçülen kararlı izotop içeriği 'binde ‰' olarak ifade edilir ve delta (δ) değeri olarak gösterilir. Bir örneğin oksijen-18 ve döteryum içeriği aşağıdaki eşitlikler ile bulunur (Back ve Zoetl, 1975).

$$\delta^{18}\text{O} = [(\text{}^{18}\text{O}/\text{}^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (\text{}^{18}\text{O}/\text{}^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}] / [(\text{}^{18}\text{O}/\text{}^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}] * 1000 \quad (6.1)$$

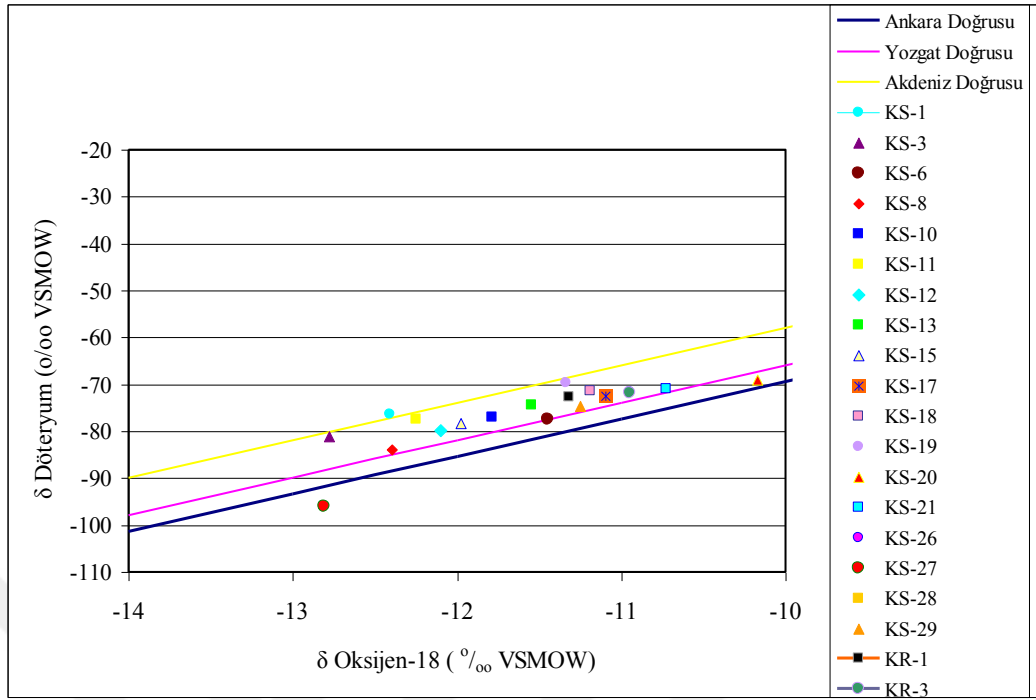
$$\delta\text{D} = [(D/H)_{\text{örnek}} - (D/H)_{\text{SMOW-VSOW}}] / [(D/H)_{\text{SMOW-VSOW}}] * 1000 \quad (6.2)$$

Hidrojeolojik çevrim içinde suyun bu izotoplarının içerikleri gerek yerel ve gerekse zaman içerisinde değişmektedir. Suyun buharlaşmasından ve yoğunlaşmasından dolayı havada farklı difüzyon hızları olmakta ve izotopik fonksiyonlanmadan dolayı HDO, H_2^{18}O 'nin buhar basınçları farklı olmaktadır. Bundan dolayı okyanustan su buharlaştığında buhar ağır izotopça fakirleşmektedir. δD ve $\delta^{18}\text{O}$ ortalama değerleri okyanus suları için sifira eşittir. Okyanus yüzeyi üzerinde atmosferik buhar δD için -85 ve $\delta^{18}\text{O}$ için yaklaşık -12 değerine sahiptir (Back ve Zoetl, 1975). Global yağış incelemelerinde Dansgaard (1964)'e göre D ve ^{18}O konsantrasyonları arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde elde edilmektedir. Craig (1961) d'nin global ortalama değerini 10 olarak bulmuştur.

$$\text{‰ } \delta\text{D} = \text{‰ } 18\text{O} + d \quad (6.3)$$

Yağışta D ve ^{18}O içeriği boylam ve enlem artışı ile ve kıydan kara içine gidildikçe azalmaktadır, yine bu izotoplar kış aylarındaki yağışlarda, yaz aylarındaki yağışa göre daha az bulunmaktadır. Ağır izotoplar (D ve ^{18}O) deniz seviyesinden yükseldikçe azalmaktadır (Günay, 1977). Yüksek sıcaklıklarda, suda ve jeotermal sistemlerde ^{18}O içeriği artarken kayalarda azalmaktadır.

Bunun nedeni kayaların suya göre daha az hidrojen içermesidir. δD değerinde ise görünür bir değişme yoktur (Coplen, 1985). Çalışma alanındaki bazı büyük debili, içme amaçlı olarak kullanılan ve/veya Pb-Zn-Cu Madeni İşletmesi çevresindeki yüzey ve yeraltısularının $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰ -12.81 ve ‰ -9.87 arasında, $\delta^2\text{H}$ değerleri ise ‰ -95.99 ve ‰ -69.02 arasında değişmektedir. Bu kaynakların kökenlerini saptamak için $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerleri kullanılarak Oksijen-18-Döteryum grafiği çizilmiş ve Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Bu şekile bakıldığında kaynakların genellikle Yozgat ve Akdeniz Meteorik Su Çizgilerinin arasında kaldıkları ve böylece suların meteorik kökenli olduklarını anlaşılmaktadır. Bununla birlikte trityum sonuçlarına göre derin kökenli olduğu saptanan KS-27 Kuyusu diğer sulardan daha farklı bir bölgeye düşmüştür. Bu durumun suyun daha önceki daha soğuk olan iklim şartlarından ve diğer sulara oranla daha yüksek kotlardan beslenmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca KS-20 ve KS-21 kaynaklarının likasyonları da diğer sulardan biraz farklılık sunmaktadır. Bu durum ise trityum sonuçlarına göre diğer sulara oranla daha uzun dolaşıma sahip olan bu kaynakların su-kayaç etkileşimi sonucunda $\delta^{18}\text{O}$ değerlerindeki zenginleşmenin bir göstergesidir.



Şekil 6.1. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği.

6.1.2. Trityum İle Yeraltısu Yaşlarının Tayini

Trityum izotopu yarılanma ömrü 12.43 yıl olan radyoaktif (kararsız) bir izotoptur (Clark ve Fritz, 1977). Bu izotopun hidrojeolojik sistemin su içerisinde görülmesinin başlıca iki kaynağı vardır. Birincisi doğal bir olay sonucu, atmosferde bulunan nötronların kozmik ışınlar etkisi sonucu azot ile tepkimeye girmesiyle oluşmaktadır (Günay, 1977). İkincisi ise 1952 yılından beri yapılan termonükleer denemeler sonucu atmosfere yayılan yapay trityumdur. Bu denemeler sonucu 1963 yılında kuzey yarım kürede trityum 8000 TU'ya ulaşmıştır. Fakat günümüzde trityum değerleri doğal seviyesine ulaşmıştır (Back ve Zeotl, 1975, Clark ve Fritz, 1977). Trityum izotopu ölçümü sıvı parıldama ve gaz sayıcıları ile yapılmakta ve "Trityum Birimi (TU)" olarak ifade edilmektedir (Clark ve Fritz, 1977). Bir TU hidrojenin 10^{18} atomundaki 1 tane ^3H 'a karşılık gelmektedir. Trityum değeri hidrolojide genellikle suların bağıl yaşının hesaplanması için kullanılmaktadır. Deniz suyunda trityum değeri çok düşük olmakta, deniz seviyesinden yükseldikçe sularda trityum değeri artmaktadır. Coğrafi enlem trityum değerlerini küçük ölçüde etkilemektedir (Günay, 1977). Trityum miktarı mevsimsel olarak değişim göstermekte, bahar ve yaz mevsimi

sonlarında maksimum olmaktadır. Güney yarım kürede trityum değeri kuzey yarım küreye göre çok düşüktür. Bu durum okyanus alanlarının farklılığından kaynaklanmaktadır (Back ve Zoetl, 1975).

Çalışma alanındaki bazı büyük debili, içme amaçlı olarak kullanılan ve/veya Pb-Zn-Cu Madeni İşletmesi çevresindeki yüzey ve yeraltısularının tritium değerleri 0.00 TU ve 10.60 TU arasında değişmektedir. Bu değerler Çizelge 6.2’de verilen kalitatif yaklaşım ile birlikte değerlendirildiğinde birçok kaynağın “modern” beslenime sahip oldukları anlaşılmaktadır. Yani bu kaynaklar, boşalım yaptığı zamandan itibaren son birkaç yıllık yağış sularından beslenen kaynaklardır. Bununla birlikte İnebolu ilçesinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan kaynaklardan biri olan KS-20 (Ayva Kaynağı) 3.75 TU değeriyle “Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı” sırasıyla 0.00 TU ve 0.37 TU değerlerine sahip KS-21 ve KS-27 suları ise “Yarımodern -1952’den önce beslenmiş” sınıfına girmektedirler. Yani bu sular 50 yıldan daha fazla yeraltı dolaşımına sahip sulardır. Bu durumu ilişkili oldukları kayaçlar ile temas sürelerini arttırmakta ve suların daha yüksek element içeriği ve EC değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır. Genellikle büyük debiye sahip, farklı litolojilerden boşalan ve iz element içeriği açısından farklılık sunan KS-19, KS-20, KS-21 ve KS-27 kaynaklarından yağışlı dönemde de tritium analizi yaptırılmış ve özellikle İnebolu ilçesinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının bir kısmını karşılayan kaynaklardan biri olan KS-20 kaynağının güncel yağış sularından oldukça fazla etkilendiği ve yağışlı dönemde “modern” beslenime sahip sular sınıfına girdiği saptanmıştır. Diğer kaynaklarda ise belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir.

Çizelge 6.2. Clark ve Fritz (1997)’ in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım.

Tritium Değeri (TU)	Yaşlandırma
<0.8 TU	Yarımodern-1952’den önce beslenmiş
0.8 ~4 TU	Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı
5 -15 TU	Modern (<5-10yıl)
15 – 30 TU	1960 veya 1970’li yıllardaki beslenme bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>30 TU	1960’lı yılların beslenimi baskın
>50 TU	Yarımodern-1952’den önce beslenmiş

6.2. SONUÇLAR

1. İnceleme alanı yaklaşık 2990 km² yüzölçümüne sahip olup Küre Pb-Zn-Cu maden alanı ve çevresini drene eden Küre Çayının drenaj alanı ise yaklaşık 440 km²' dir.
2. Çalışma alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonları kullanılarak eşyağış eğrileri yöntemiyle ortalama yıllık yağış 896 mm olarak hesaplanmıştır.
3. Çalışma alanındaki kaynakların kurak dönemdeki debileri 0.1-25 L/s arasında; elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 305-2785 µS/cm arasında; pH değerleri 6.12-8.26 arasında; Eh değerleri ise 217-854 mV arasında değişmektedir. Suların yağışlı dönemdeki debileri 0.1-93 L/s arasında; EC değerleri 276-2836 µS/cm arasında; pH değerleri 6.31-8.24 arasında; Eh değerleri ise 237-401 mV arasında değişmektedir.
4. Çalışma alanındaki yeraltısularının büyük çoğunluğu Ca-HCO₃ fasiyesinde olup, Pb-Zn-Cu Maden alanı çevresindeki ve ofiyolitlerden boşalan sular bu fasiyesten farklılıklar göstermektedir. Pb-Zn-Cu Maden alanı çevresinde açılmış en derin ve maden sıvı atık havuzunun orta kenarında açılmış kuyu olan KS-10 kuyusu Ca-Mg-SO₄ fasiyesine sahipken daha sığ kuyulardan olan KS-11 Ca-Mg-HCO₃ fasiyesinde, KS-13 memba kuyusu ise Ca-HCO₃ fasiyesine sahiptir. Bu farklılıklar iz element açısından da kendini göstermektedir. Bu durumun KS-10 kuyusunun daha derin olmasıyla ilişkili olarak piritin oksidasyonundan daha fazla etkilenerek daha düşük pH değerine ve daha yüksek SO₄ değerine sahip olmasından ve maden sıvı atık havuzundan etkilenmesinden kaynaklanacağı düşünülmektedir. Ofiyolitik kayalardan boşalan kaynaklar (KS-28, KS-29, KS-30) Mg-HCO₃ fasiyesine sahip olup, Mg içeriğinin ofiyolitler içerisinde fazla miktarda serpantinitleten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5. Ayrıca Pb-Zu-Cu Maden işletme atıklarının bırakıldığı Ersizlerdere Çayı kıyısından boşalan KS-14 Ca-Mg-HCO₃ fasiyesinde olup SO₄ konsantrasyonları diğer sulardan fazladır. Bu durumun kaynağın akarsuyun kirliliğinden etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Akgöl Formasyonunun kumtaşlarından boşalan ve derin dolaşımli bir su olan KS-21 Ca-Na-Mg-HCO₃ tipinde bir kaynaktır. Çalışma alanı dışında yer alan ve halk tarafından şifalı su olarak nitelendirilen KS-27 Kuyusu ise Ca-Mg-Na-HCO₃ fasiyesine sahiptir.
6. Kaynak sularının kurak dönemde EC değerleri 305-2785 µS/cm arasında, yağışlı dönemde ise 276-2836 µS/cm değişmekte olup KS-10 ve KS-27 kuyuları sırasıyla 2714 µS/cm ve 2836 µS/cm değerleriyle Türk İçme Suyu Standartlarında verilen 2500 µS/cm üst sınırı değerini aşmaktadırlar. Kaynak sularının pH değerleri kurak dönemde 6.12-8.26 arasında değişmekte olup, KS-10 ve KS-27 Kuyuları sırasıyla 6.45 ve 6.12 olan pH değerleriyle kurak dönemde Türk İçme Suyu Standardındaki alt limit değerinin altında kalmaktadırlar.
7. Çalışma alanındaki yeraltısularının arsenik değerleri <0.000001-0.284 mg/L arasında değişmekte olup KS-10, KS-20, KS-21, KS-27, KS-28, KS-29, KS-30'un konsantrasyonları standartlardaki 0.01 mg/L değerini birkaç kat aşmaktadırlar. Ayrıca KS-1, KS-11, KS-14'ün As değerleri de standartları aşmamakla birlikte diğer kaynaklardan daha yüksek olup, sınır değere yakın değerlere sahiptirler. Bu sular çoğunlukla Akgöl Formasyonu, Akgöl Formasyonunun Küre Lav Üyesi ve Mesozoyik Ofiyolitlerden boşalan sular olup, çoğunlukla çevre köylerin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadırlar.
8. Ayrıca özellikle KS-10 ve KS-27 kuyularının Al, Ba, Mn, Ni, Pb, Se ve Sb konsantrasyonları Türk İçme Suyu Standartlarında izin verilebilecek üst sınır konsantrasyonlarını aşmaktadır.

9. Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu maden atıklarının karıştığı KR-3 ölçüm noktasının SO₄, Al, Sb, As, Ba, Ni, Se, Pb ve Mn konsantrasyonları içme suyu standartlarında verilen üst sınır değerleri aşmakta olup, KR-1, KR-2 ve KR- 4 ölçüm noktalarında ise standartları aşan herhangi bir kirlilik saptanmamıştır.
10. Çalışma alanındaki bazı büyük debili, içme amaçlı olarak kullanılan ve/veya Pb-Zn-Cu maden alanı çevresindeki yüzey ve yeraltısularının tritium değerleri 0.00 TU ve 10.60 TU arasında değişmektedir. Birçok kaynak “modern” beslenime sahip olmakla birlikte, KS-20 kaynağı “Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı”, KS-21 ve KS-27 suları ise “Yarımodern - 1952’den önce beslenmiş” sular sınıfına girmektedirler. Ayrıca tüm sular meteorik kökenli sulardır.
11. Genellikle çalışma alanındaki tüm sular gipsit, götit ve hematit minerallerine doymun iken, alunit (KS-27 ve KR-3 hariç), anhidrit serisit, halit, pirit, rodokrosit, siderit, sfalerit gibi bazı sülfat, karbonat ve sülfür minerallerine göre ise doymun değildirler. Yeraltı ve yüzeysularının çok büyük kısmı ise kalsit minerallerine doymun olup, bu suların birçoğu aynı zamanda aragonit ve dolomit mineraline de doymunlar.

KAYNAKLAR

Akartuna, M., “Çaycuma-Devrek-Yenice-Kozcağz bölgesinin jeolojisi hakkında rapor”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor No: 2059*, Ankara (yayımlanmamış) (1953).

Akman, A. Ü., “Amasra-Arıt arasının jeolojisi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (yayımlanmamış) (1993).

Akman, A. Ü., Yergök, A. F., Karabalık, N. N., ve Özdemir, M., “Azdavay dolayının jeolojisi”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 9935*, Ankara (yayımlanmamış) (1995).

Akpınar, K., “Su kuyularının açılması, işletilmesi, sorunlar ve çözümler (Opening of water well, operation, problems and solutions)”, *Atlas Copco Publisher*, İstanbul-Turkey (2007).

Akpolat, T., ve Dilek, M., “Hemodiyaliz El Kitabı (Üremik Kemik Hastalığı-30. Konu)”, *Anadolu Yayıncılık*, Kayseri, 392 (2001).

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göger, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K., ve Uysal, Ş., “Cide-Kurucaşile ile dolayının jeoloji haritası”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü 1/50.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi*, Ankara (1974).

Akyol, A., Budakoğlu, M., Kumral, M., Gültekin, A. H., Turhan, M., Esenli, V., Yavuz, F., and Orgün, Y., “Heavy metal pollution and acid drainage from the abandoned Balya Pb-Zn sulfide Mine”, NW Anatolia, *Turkey. Environmental Geology* 45: 198-208 (2003).

Alişan, C., and Derman, A. S., “The first palynological age, sedimentological and stratigrafic data for Çakraz group (Triassic) Western Black Sea. Geology of the Black Sea region”, *General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers* Ankara, Turkey, 93-98 (1995).

Appello, C. A. J. and Postma, D., “Geochemistry, Groundwater and Pollution”, *Battema*, Rotterdam (1996).

Arpat, E., Tütüncü, K., Uysal, Ş., ve Göger, E., “Safranbolu yöresinde Kambriyen-Devoniyen istifi”, *Türkiye Jeoloji Kummu Bülteni*, 32. *Bilimsel ve Teknik Kumltayı Bildiri Özleri*, 67-68, Ankara (1978).

Atabey, E., “Tıbbi Jeoloji (Medical Geology) In: Atabey E (ed).”, *Publications of Chamber of Geology Engineers of Turkey TMMOB*, Ankara (2005).

Atak, S., Yüce, E., Bulut, G., Arslan, F., ve Yalçın, S., “Küre tesisi bakır konsatresi tenörünün kolon flatasyonu ile yükseltilmesi.” *Türkiye XIII. Madencilik Kongresi*, 10-15 Mayıs, İstanbul, 467-478 (1993).

Ataman, G., Yılmaz, O., ve Ertürk, O., “Diyajenez-ankimetamorfizma geçişinin illitin kristallik derecesi ile araştırılması”, (*Batı Pontidlerde bir deneme*), *Yerbilimleri*, 3, 145-160, Ankara (1977).

Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar, H. S., Özçelik, Y., Akarsu, I., Üngör, A., Çokuğraş, R., ve Kasar, S., “Ballıdağ-Çangaldağı (Kastamonu) arasındaki bölgenin jeolojisi”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C 29, 2, 1-16, Ankara (1986).

Aydın, M., Demir, O., Özçelik, Y., Terzioğlu, N., and Satır, M., “A Geological revision of İnebolu, Devrekani, Ağlı and Küre areas. New observations in Paleotethys-Neotethys sedimentary successions”, *Geology of the Black Sea Region. General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers*, Ankara, Turkey (1995).

Baba, A., and Gunduz, O., “Effect of alteration zones on water quality: a case study from Biga Peninsula, Turkey”, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 58: 499-513 (2010).

Back, W., and Zoetl, J., “Application of geochemical principles, isotopic methodology, and artificial traces to karst hydrology in hydrogeology of karst terrains”, *International Union of Geological Sciences, Series B, Number 3, Reprint from Hydrogeology of Karstic Terrains, Chapter IX, pp.* 105-121 (1975).

Badgley, P. C., “Stratigraphy and petroleum possibilities of the Sinop Region. Tidewater Atlantic-Texaco Exploration Group”, *Petrol Dairesi Başkanlığı Teknik Arşivi*, Ankara (1959).

Barka, A., Sütçü, Y. F., Gedik, İ., Tekin, T. F., Arel, E., Özdemir, M., ve Erkal, T., “Sinop Nükleer Enerji Santralına ilişkin jeolojik araştırmalar sonuç raporu”, *MTA Rap. No: 7963 (yayımlanmamış)*, Ankara (1985).

Bingöl, E., “Prekambriyen-Jura arasında Türkiye'nin olası jeotektonik evrimi”, *37. Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri*, 36-38 (1983).

Bingöl, E., “Evolution Geotectonique de la Turquie”, *Congres Int. de Géologie*, Moscow, Add. Abs, 9, 2, 143 (1984).

Blowes, D. W., “The environmental effects of mine wastes”, *Proceedings of Exploration 97; Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration* 119: 887-892 (1997).

Blumenthall, M., “Gökırmak ile Karadeniz arasındaki pontik silsilelerinin jeolojisi hakkında”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor No: 1067*, Ankara (1940).

Blumenthall, M., “Bolu civarı ile Aşağı Kızılırmak mecrası arasındaki Kuzey Anadolu silsilelerinin jeolojisi.”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayını*, Seri-3, No: 13, Ankara (1948).

Boorman, R. S., and Watson D. M., “Chemical processes in abandoned sulfide tailings dumps and environmental implication for Northeastern New Brunswick”, *CIM Bulletin*, 69 (772): 86-96 (1976).

Boztuğ, D., “Daday-Devrekani masifi güneybatı kesiminin jeolojisi hakkında ön rapor”, *MTA Gen.Md. Jeoloji Etüd.Dairesi, No.268* Ankara, (yayımlanmamış) (1986).

Boztuğ, D., ve Yılmaz, O., “Daday-Devrekani masifi metamorfizması ve jeolojik evrimi, Kastamonu bölgesi, Batı Pontidler, Türkiye”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 38 (1): 33-52, Ankara (1995).

Canbazoğlu, M., Uzun, M., Çelik, Ö., ve Köse, M., “Küre piritli bakır cevherlerinden kobalt, bakır, altın ve gümüşün hidrometalurjik süreçlerle kazanılma olanakları”, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 9. Kongresi*, 9-10 Mayıs, Ankara (1985).

Clark, I. D., and Fritz, P., “Environmental Isotopes in Hydrogeology”, *Lewis Publishers*, New York (1997).

Coplen, T. B., “Environmental Isotopes in Ground-water Studies.” *Chapter 33* (1985).

Craig, H., “Isotopic variation in meteoric waters”, *Science*, 133: 1702-1703 (1961).

Çağatay, A., Pehlivanoglu H., Altun Y., “Küre piritli bakır yataklarının kobalt-altın mineralleri ve yataklarının bu metaller açısından ekonomik değeri”, *MTA Dergisi No 93/94*, Ankara, 100-117(1982).

Çakır, Ü., “Aşıköy-Toykondü (Küre-Kastamonu) masif sülfid yataklarının jeolojik özellikleri”, *MTA Dergisi*, 117, 29-40 (1995).

Danış, M., “İthalat ve ithalatın denetimi, ağır metal kirlilikleri”, *Gübre ve gübre Hammaddeleri Çalıştayı Bildirileri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları*, 25-27 Kasım Diyarbakır (2005).

Dansgaard, W., “Stable isotopes in precipitation”, *Tellus*, 16:436-468 (1964).

Darbre, P. D., “Aluminium, antiperspirants and breast cancer”, *Journal of Inorganic Biochemistry* 99: 1912-1919 (2005).

Derman, A.S., “Batı Karadeniz Bölgesi'nin Geç Jura ve Erken Kretase'deki jeoloji evrimi”, *Türkiye 8. Petrol Kongresi Bildiriler, Türkiye Petrol Jeologları Derneği, TMMOB Petrol Mühendisleri Odası*, 328-339, Ankara (1990).

Deveciler, E., Akat, U., Akçaören, F., Altun, İ.E., Keskin, H., Sevin, M., Acar, Ş., Armağan, F., Erdoğan, K., ve Şengün, M., “Çatalzeytin (Kastamonu) dolayının

jeolojisi”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor No: 8617*, Ankara (yayımlanmamış) (1989).

Doğan, L., “Hidrojeolojide Su Kimyası”, *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları*, 906.178s. Ankara (1991).

Drever, J. I., “The Geochemistry of Natural Waters (3rd ed.)”, *Prentice Hall*, New Jersey (1996).

Eren, R. H., “Kastamonu-Taşköprü bölgesi metamorfitlelerinin jeolojik ve petrografik etüdü”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, İstanbul (1979).

Erözel, Z., “Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları”, *Kültürteknîğe Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayını* No.996: 96-110 (1986).

Gedik, A., ve Korkmaz, S., “Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor* No: 7575, Ankara (yayımlanmamış) (1984).

Gedik, İ., ve Aksay, A., “1/000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak-E29 paftası”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları*, Ankara (2002).

Geiss, H. P., “Karadeniz taşkömürü prospeksiyonu dahilinde İnebolu-Küre-Abana sahasında yapılan jeolojik löve neticeleri”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor* No: 2973, Ankara (yayımlanmamış) (1954).

Göktunalı, K., “Devrekani-Daday-Küre ilçeleri arasında kalan Ağlıpazarı-Seydiler bölgesi hakkında jeoloji raporu”, *MTA Derleme Rapor* No. 2533 Ankara (yayımlanmamış) (1955).

Griffin, A. E., “Significance and removal of manganese in water supplies”, *J. AWWA* 52: 1326 (1960).

Günay, G., “Hidrojeoloji İncelemelerinde Uygulanan Yeraltısuyu İzleme Teknikleri”, *DSİ-UNOP Projesi Karst Hidrojeolojisi Semineri*, Oymapınar, 17-28 Ekim, 215-245 (1977).

Gündüz, O., and Baba, A., “Fate of acidic mining lakes in Can Lignite District, Turkey”, *In Proceedings of the XXXVI IAH congress integrating groundwater science and human well-being, Proceedings CD-ROM, 26 October–1 November 2009*, Toyoma, Japan (2008).

Gündüz, O., Okumuşoğlu, D., and Baba, A., “Acidic mining lakes and their influence on water quality: a case study from Can (Canakkale)-Turkey”, *In: Trefry MG (ed) Proceedings of the 6th groundwater quality conference (GW07: securing groundwater quality in urban and industrial environments)*, Fremantle, Western Australia (2007).

Hamilton, W. J., “Researches in Asia Minör, Pontus and Armania”, *Researches in Asia Minör, Pontus and Armania*, London (1842).

He, Z. L., Yang, X. E., and Stoffella, P. J., , “Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19: 125-140 (2005).

İnternet: Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, “İklim”, <http://www.kastamonukultur.gov.tr>, (2014)

İbret, B. Ü., “Kastamonu’nun Su Kaynakları”, *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 5: 147-160 (1998).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri-I”, *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53 (2003).

Karakaya, N., Karakaya, M. Ç., Nalbantçılar, M. T., and Yavuz, F., “Relation between spring-water chemistry and hydrothermal alteration in the Şaplıca volcanic rocks”, *Journal of Geochemical Exploration*, 93 (1): 35-46 (2007).

Keskin, T. E., “Nitrate and heavy metal pollution resulting from agricultural activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey)”, *Environmental Earth Sciences* 61: 703-721 (2010).

Ketin, İ., “1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İzahnamesi (Sinop Paftası)” *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları*, Ankara (1962).

Ketin, İ., ve Gümüş, Ö., “Sinop-Ayancık, arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor”, TPAO Rapor No: 213, Ankara (yayımlanmamış) (1962).

Ketin, İ., ve Gümüş, Ö., “Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi”, TPAO Rapor No: 288, Ankara (yayımlanmamış) (1963).

Kırk, H. M., “Boyabat mıntıkası hakkında jeolojik notlar”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor* No: 194, Ankara (yayımlanmamış) (1935).

Koç, Ş., Unsal, A., ve Kadioğlu, Y. K., “Küre (Kastamonu) cevherleşmelerini içeren volkanitlerin jeolojisi, jeokimyası ve jeotektonik konumu”, *MTA Dergisi*, 117: 41-54 (1995).

Kovenko, V., “Küre madenleri jeolojisi ve çalışmaları hakkında muhtıra”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor* No: 859, Ankara (yayımlanmamış) (1939a).

Kovenko, V., “Karadeniz sahil mıntıkasının İnebolu kısmında kalan bazı madenlere (manganez, civa) yapılan ziyaret hakkında rapor”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor* No: 860, Ankara (yayımlanmamış) (1939b).

Kurttaş, T., “Gökova (Muğla) karst kaynaklarının çevresel izotop incelemesi”, *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (yayımlanmamış) (1997).

Langmuir, D., “Aqueous Environmental Geochemistry”, *Prentice-Hall*, New Jersey (1997).

Lucius, M., “Ekinveren (Boyabat) bölgesinin jeolojik etüdü (Sinop İli)”, **Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor** No: 197, Ankara (yayımlanmamış)(1925).

McNeely, R. N., Neimanis, V. P., and Dwyer, L., “Water Quality Sourcebook-A Guide to Water Quality Parameters”, **Indland Waters Directorate, Water Quality Branch**, Ottawa, Canada (1979).

Nordstrom, D. K., “Advances in the hydrochemistry and microbiology of acid mine water”, **International Geology Review** 42: 499-515 (2000).

Onur, E., “Alüminyum toksisitesinin kalite kontrol açısından değerlendirilmesi”, **Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi**, S. 3-4, s. 164-170 (1997).

Önder, F., Boztuğ, D., ve Yılmaz, O., “Batı Pontidlerdeki Göynükdağı-Kastamonu yöresi Alt Mesozoyik kayaçlarında yeni paleontolojik (konodont) bulgular”, **Batı Pontidler-Türkiye, Melih Tokay Jeoloji Simpozyumu Bildiri Özleri**, 127-128 (1987).

Özmen, B., “Kastamonu ilinin deprenselliği ve deprem tehlikesi”, 54. **Türkiye Jeoloji Kurultayı, 7-10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**, Ankara (2001).

Parkhurst, D. L., and Appelo, C. A. J., “User’s guide to PHREEQC (Version 2)-A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations”, **US Geological Survey**, Denver (1999).

Peker, İ., “Endüstride İş Güvenliği”, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Fakültesi**, İstanbul (1970).

Pilz, R., “Sinop ve Kastamonu vilayetlerindeki mineral yataklarının tetkiki hakkında rapor”. **Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor** No: 644, Ankara (yayımlanmamış) (1937).

Piper, A. M., “A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses”, **American Geophysical Union Trans** 25: 914-923 (1944).

Sağlık Bakanlığı, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara (2005).

Schmidt, K., “Ekinveren civarındaki petrol sızıntısı hakkında rapor”, **Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor**, No: 199, Ankara (yayımlanmamış) (1911).

Schoeller, H., “Geochimie des eaux sauterraines”, **Rev. Inst. Franc. Petrolei**, Paris, 10 (3): 181-213 and 10 (4): 219-246 (1955).

Schoeller, H., “Les Eaux souterraines”, **Mason et Cie**, Paris (1962).

Seal, R. R., II, Hammarstrom, J. M., Johnson, A. N., Piatak, N. M., and Wandless, G. A., “Environmental geochemistry of a Kuroko-type massive sulfide deposit at the

abandoned Valzinco mine, Virginia, USA”, *Applied Geochemistry*, 23: 320-342 (2008).

Şengün, M., Akçaören F., Keskin, F. L., Akat ,U., Altun, İ. E., Deveciler, E., Sevin, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Acar, Ş., ve Gündüz, H., “Daday-Kastamonu-İnebolu yöresinin jeolojisi”, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor* No: 8994, Ankara (yayımlanmamış) (1988).

Şengün, M., Keskin, H., Akçaören, F., Altun, L., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F., ve Acar, Ş., “Kastamonu yöresinin jeolojisi ve Paleotetis’in evrimine ilişkin jeolojik sınırlamalar”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 33, 1-16 (1990).

Tokay, M., “Karadeniz Ereğlisi-Alaplı-Kızıltepe-Başören-Dağköy bölgesi jeolojik raporu”, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Derleme Rapor* No- 1821 Ankara (yayımlanmamış) (1949).

Tunoğlu, C., and Batman, B., “Tectonic evolution of Devrekani basin (Kastamonu). Geology of the Black Sea Region”, *General Directorate of Mineral Research and Exploration and Chamber of Geological Engineers (Edit by; Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçem, S.)*, Ankara, Turkey (1995).

Tuttle, J. H., Randles, C. I., and Dugan, P. R., “Activity of microorganisms in acid mine water”, *Influence of acid water on aerobic heterotrophs of a normal stream. Journal of Bacteriology* 95: 1495-1503 (1968).

Tüysüz, O., “Karadenizden Orta Anadolu’ya Jeotravers”, *Kuzey Neo-Tetis’in tektonik evrimi*, TPJD C 5, No:1, Ankara (1993).

Uğuz, M. F., ve Sevin, M., “1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Kastamonu E32 paftası”, *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Araştırma Dairesi*, No. 32, Ankara.

Uğuz, M. F., ve Sevin, M., “2010, 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Kastamonu E30 ve D30 paftaları”, *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Araştırma Dairesi*, No. 135, Ankara (2007).

WHO (World Health Organization), “Guidelines for Drinking-Water Quality”, *Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, WHO Publications.*, Geneva, Switzerland (1984a).

WHO (World Health Organization), “Guidelines for Drinking-Water Quality”, *Vol. 1, Recommendations, WHO Publications*, Geneva, Switzerland (1984b).

WHO, “Guidelines for Drinking-Water Quality”, *First Addendum to Third Edition, 1, Recommendation*. Geneva Switzerland (2006).

Wolfe, R. S., “Microbial concentration of iron and manganese in water with low concentration of these elements”, *J. AWWA, Vol. 52*: 1335 (1960).

Yalçın, A. U., ve Akpolat T., 2001, “Hemodiyaliz El Kitabı (Kronik Böbrek Yetmezliği-3. Konu)”, *Anadolu Yayıncılık*, Kayseri, 392 (2016).

Yergök, A. F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, N. N., Arbas, A., Akat, U., Armağan, F., ve Karakullukçu, H. “Batı Karadeniz Bölgesi’nin jeolojisi (I)”, ***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor*** No: 8273, Ankara (yayımlanmamış) (1987).

Yergök, A. F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, N. N., Arbas, A., Akat, U., Armağan, F., Erdoğan, K., ve Kaymakçı, H., “Batı Karadeniz Bölgesi’nin jeolojisi (II)”, ***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü***, Derleme Rapor No: 8848, Ankara (yayımlanmamış) (1989).

Yılmaz, O., “Daday-Devrekani masifi kuzeydoğu kesim metamorfikleri”, ***Doçentlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü***, 234, Ankara (1979).

Yılmaz, O., “Daday-Devrekani masifi kuzeydoğu kesimi litostratigrafi birimleri ve tektoniği”, ***Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi***, 5-6: 101-135, Ankara (1980).

Yılmaz, Y., and Tüysüz, O., “Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü-Tosya arasındaki bölgenin jeolojisi”, ***Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Rapor*** No: 7838, Ankara (yayımlanmamış) (1984).

Yılmaz, O., and Bonhomme, M. G., “K/Ar isotopic age, evidence for a lower to middle jurassic low-pressure and a lower cretaceous high-pressure metamorphic events in North-Central Turkey”, ***Terra Abstracts***, 3: 501 (1991).

ÖZGEÇMİŞ

Emre ÖZLER 1987 yılında Karabük ilinin Eskipazar ilçesinde doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini aynı ilçede tamamladı. 2007 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde başladı. 2009 yılında aynı üniversitenin Çevre Mühendisliği Bölümünde Çiftanadal kapsamında eğitimine devam etti. 2011 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümünden, 2012 yılında ise Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Gülpınar Mah. 183. Sok. No:7/7 Altındağ/ANKARA

Tel : (506) 965 13 66

E-posta : emreozlr@gmail.com