T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYDINCIK-KÖSRELİK (YOZGAT) JEOTERMAL VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPİK İNCELEMESİ

YAVUZ UZUN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Sevim ÖZULUKALE DEMİRBİLEK

YOZGAT - 2023

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYDINCIK-KÖSRELİK (YOZGAT) JEOTERMAL VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPİK İNCELEMESİ

YAVUZ UZUN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Sevim ÖZULUKALE DEMİRBİLEK

YOZGAT – 2023

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

YAVUZ UZUN
10/02/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYDINCIK-KÖSRELİK (YOZGAT) JEOTERMAL VE SOĞUK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPİK İNCELEMESİ

YAVUZ UZUN

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ SEVİM ÖZULUKALE DEMİRBİLEK

İnceleme alanıolan Aydıncık-Kösrelik, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Yozgat İli'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) bölgesindeki jeotermal ve soğuk su kaynaklarının mevcut fiziksel, hidrojeokimyasal, izotopik ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$, ^{3}H) özelliklerinin incelenmesiyle hidrojeolojik kökenin ortaya çıkarılarak bölgedeki rezervuar sistemine ait olası rezervuar sıcaklıkları jeotermometrelerle hesaplanarak belirlenmesidir. İnceleme alanından Mart (2022) ve Kasım (2022) olmak üzere iki dönem su örneği alınmıştır. Ön arazi çalışması yapılarak inceleme alanı içerisindeki jeotermal/soğuk su kaynaklarının konumları GPS ile belirlenip, yerinde sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve pH parametreleri ölçülmüştür. İnceleme alanındaki su kaynaklarından kimyasal (majör iyon ve iz element) ve izotopik analizler ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$ ve ^{3}H) gerçekleştirilirken, kar örneklerinden de izotopik analizler ($\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$) gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanındaki bazı sularda amonyum (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), florür (F) ve arsenik (As) kirlilikleri belirlenmiştir. Hidrojeokimyasal ve izotop verilerine göre KÖS-5 (jeotermal) kaynağına ait beslenmenin inceleme alanının güneydoğusundan jeotermal kaynağa doğru 1360-1416 m kotlarından, düşük ^{3}H içeriğine göre derin dolaşımlı, rezervuar kayanın kireçtaşlarından ve silis jeotermometre hesaplamasında olası rezervuar sıcaklığının 31-42 ^{o}C aralığında olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, inceleme alanındaki suların meteorik kökenli olduğu da belirlenmiştir. KÖS-2 hariç diğer kaynak sularının sulama suyu için uygun olabileceği belirlenmiştir.

2023-48 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Jeotermal, Aydıncık-Kösrelik (Yozgat), Hidrojeokimya, İzotop, Kirlilik.

ABSTRACT

MASTER THESIS

HYDROGEOCHEMICAL AND ISOTOPIC INVESTIGATION OF AYDINCIK-KOSRELIK (YOZGAT) GEOTHERMAL AND COLD SPRINGS

YAVUZ UZUN

YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATES STUDIES

DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. SEVİM ÖZULUKALE DEMİRBİLEK

The study area, Aydıncık-Kösrelik, is located in the northeast of Yozgat Province in the Central Anatolian Region of Turkey. The aim of this thesis is to reveal the hydrogeological origin by examining the existing physical, hydrogeochemical, isotopic ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$, ^{3}H) properties of geothermal and cold-water resources in the Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) region, and to determine the possible reservoir temperatures of the reservoir system in the region by calculating with geothermometers. Water samples were taken from the study area for two periods, March (2022) and November (2022). The locations of the geothermal/cold water sources in the study area were determined by GPS, and the temperature, electrical conductivity and pH parameters were measured on-site. While chemical (major ion and trace element) and isotopic analysis ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$ and ^{3}H) were performed from the water resources in the study area, isotopic analysis ($\delta^{18}O$ and $\delta^{2}H$) were performed from the snow samples as well.

Ammonium (NH_4), nitrite (NO_2), nitrate (NO_3), fluoride (F) and arsenic (As) pollutions were determined in some waters in the study area. Based on the hydrogeochemical and isotopic data, it is determined that the recharge of the KÖS-5 (geothermal) source can be from the south to the north of the study area at 1360-1416 m elevations, deeply circulated according to low ^{3}H content, limestones of the reservoir rock is formed, and the possible temperature could be 31-42 ^{o}C with respect to the silica geothermometer calculation. Furthermore, it is determined that the waters in the study area originate from meteoric water. In the study area, it is observed that spring waters except KÖS-2 might be suitable for irrigation.

2023-48 pages

KEYWORDS: Geothermal, Aydıncık-Kösrelik (Yozgat), Hydrogeochemistry, Isotope, Pollution.

ÖNSÖZ

"Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) Jeotermal ve Soğuk Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal ve İzotopik İncelemesi" konulu tez çalışması Sayın Dr. Öğretim Üyesi Sevim ÖZULUKALE DEMİRBİLEK danışmanlığında Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2023 yılında hazırlanmıştır.

Tez çalışmasının her aşamasında büyük bir özveri ile tecrübelerini ve birikimini esirgemeyen Sayın Dr. Öğretim Üyesi Sevim ÖZULUKALE DEMİRBİLEK' e, DSİ 12 Bölge Müdürlüğü'ne ve Bölge Müdür Yardımcımız Sayın Aslı ERDOĞAN'a, harita çizim programı konusunda desteğini esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Sayın Mehmet KAHRAMAN'a, saha çalışmasında GPS cihazını kullanmamıza izin veren Sayın Prof. Dr. Uğur TEMİZ'e, eğitim ve öğretim hayatım boyunca emeği geçen ismini sayamadığım tüm kıymetli hocalarıma teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde büyük emeği olan annem Hatice UZUN ve Babam Abdullah UZUN'a ve her zaman desteğini esirgemeyen çok kıymetli eşim Ş. Merve UZUN'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

YAVUZ UZUN

10/02/2023

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU ii

TEZ BEYANI iii

ÖZET iv

ABSTRACT v

ÖNSÖZ vi

ÇİZELGELER LİSTESİ ix

ŞEKİLLER LİSTESİ x

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1 GİRİŞ 1

2 GENEL (KURAMSAL, KAYNAK) BİLGİLER 3

3 MATERYAL VE YÖNTEM 5

3.1 İnceleme Alanındaki Örnekleme Çalışmaları 5

4 İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ 7

4.1 Devecidağ Karışığı (TRd)- Karbonifer-Permiyen-Triyas 7

4.2 Artova Ofiyolitli Karışığı (Ka)- Kretase 7

4.3 Amasya Grubu-Üst Jura-Alt Ktetase 7

4.4 Kemerkaş Formasyonu (Tk)- Miyosen-Pliyosen 9

4.5 Alüvyon (Qal)-Kuvaterner 9

5 İNCELEME ALANININ HİDROLOJİSİ 9

6 İNCELEME ALANINDAN ELDE EDİLEN BULGULAR 10

6.1 Hidrojeokimya ve izotoplar 10

6.1.1 Kaynak sularının fiziksel ve hidrojeokimyasal özellikleri 10

6.1.2 Suların sınıflama diyagramları 16

6.1.3 Suların kirlilik ve sağlık açısından değerlendirilmesi 19

6.1.4 Hidrojeotermometreler 21

6.1.5 İzotoplar 22

7 İNCELEME ALANININ HİDROJEOLOJİSİ 26

8 SONUÇ VE ÖNERİLER 28

9 KAYNAKLAR 30

10 EKLER 32

EK-1. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (A-A')- Ateş ve diğ., (2007)'den değiştirilerek alınmıştır. 33
EK-2. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (B-B')- Ateş ve diğ., (2007)'den değiştirilerek alınmıştır. 34
EK-3. Kurum İzni (Meteorolojik Veriler) 35
ÖZGEÇMİŞ .....

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.1. İnceleme alanındaki suların majör anyon-katyon konsantrasyonlarının dönemsel analiz sonuçları ve TS-266 (2005) standartı ile karşılaştırılması..... 11

Çizelge 6.2. İnceleme alanındaki suların iz element konsantrasyonlarının dönemsel analiz sonuçları ve TS-266 (2005) standartı ile karşılaştırılması..... 12

Çizelge 6.3. İnceleme alanındaki suların iyon bolluk dizilimleri..... 13

Çizelge 6.4. Silis jeotermometreleri için sıcaklık eşitlikleri (S= SiO_2, mg/L) ve KÖS-5 (jeotermal) su örneğinin jeotermometre sonuçları..... 22

Çizelge 6.5. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının gösterimi..... 23

Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki suların ^{3}H analiz sonuçlarının gösterimi..... 26

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası..... 2

Şekil 3.1. İnceleme alanındaki KÖS-5 (jeotermal) kaynak çıkışından örnek alımı..... 6

Şekil 3.2. Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) inceleme alanından kar ve su örnekleri alımı ve arazide ölçüm çalışmaları..... 6

Şekil 4.1. İnceleme alanının jeolojik haritası (Ateş ve diğ., 2007'den değiştirilerek alınmıştır) ve su örnekleme noktalarının gösterimi..... 8

Şekil 5.1. Aydıncık (Yozgat) bölgesi 2014-2021 yıllarına ait ortalama yağış ve ortalama sıcaklık grafiği..... 9

Şekil 6.1. İnceleme alanındaki su örneklerinin Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller Diyagramı'nda gösterimi..... 14

Şekil 6.2. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller Diyagramı'nda gösterimi..... 14

Şekil 6.3. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi..... 15

Şekil 6.4. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait Piper Diyagramı'nda su örneklerinin gösterimi..... 15

Şekil 6.5. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin Wilcox Diyagramı'nda gösterimi (EC (µS/cm, 25^{o}C)=ÖEİ)..... 16

Şekil 6.6. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin Wilcox Diyagramı'nda gösterimi (EC (µS/cm, 25^{o}C)=ÖEİ)..... 17

Şekil 6.7. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında gösterimi (EC (µS/cm, 25^{o}C)=ÖEİ)..... 18

Şekil 6.8. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında gösterimi (EC (µS/cm, 25^{o}C)=ÖEİ)..... 18

Şekil 6.9. İnceleme alanındaki suların Mart (2022) dönemine ait kirlilik parametrelerinin karşılaştırılması..... 19

Şekil 6.10. İnceleme alanındaki suların Kasım (2022) dönemine ait kirlilik parametrelerinin karşılaştırılması..... 19

Şekil 6.11. Giggenbach (1988) diyagramında, inceleme alanındaki Mart (2022) dönemine ait su örneklerinin gösterimi..... 21

Şekil 6.12. İnceleme alanındaki suların Mart 2022 dönemine ait $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının Küresel Meteorik Su Doğrusu (Craig, 1961) ile beraber gösterimi..... 23

Şekil 6.13. İnceleme alanındaki suların Kasım 2022 dönemine ait $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının Küresel Meteorik Su Doğrusu (Craig, 1961) ile beraber gösterimi..... 24

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.14. İnceleme alanındaki suların $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının yükseklik (m) ile arasındaki ilişkileri (KÖS-5 kaynağına ait beslenme yükseltisi 1416 m hesaplanmıştır)..... 25
Şekil 6.15. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ (‰) analiz sonuçlarının yükseklik (m) ile arasındaki ilişkileri (KÖS-5 kaynağına ait beslenme yükseltisi 1360 m hesaplanmıştır)..... 25

Şekil 6.16. İnceleme alanındaki suların ^{3}H-Cl dağılımı..... 26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
m	**:**Metre
mek/L	**:**Miliekivalen/Litre
mg/L	**:**Miligram/Litre
pH	**:**Hidrojen iyonu aktivitesi negatif logaritması
^{2}H	**:**Döteryum izotopu
^{3}H	**:**Trityum izotopu
^{18}O	**:**Oksijen-18 izotopu
µS/cm	**:**MikroSiemens/Santimetre
δ	**:**İzotop değişiminin standarttan sapma miktarı (binde)
R^2	**:**Belirleme katsayı
t	**:**Sıcaklık (^{o}C)
σ	**:**Standart sapma

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
DMİ	**:**Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DMSHY	**:**Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik
ÖEİ	**:**Özgül Elektriksel İletkenlik
GMWL	**:**Global Meteoric Water Line (Dünya Meteorik Su Doğrusu)
MTA	**:**Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
PDB	**:**Pee Dee Belemnite Standartı
SAR	**:**Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SKKY	**:**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
VSMOW	**:**Viyana Ortalama Okyanus Suyu Standardı (Standart Mean of Ocean Water)
TS	**:**Türk Standartları
TU	**:**Trityum Birimi

1 GİRİŞ

Yeraltısuları, hidrojeolojik döngü içerisindeki suların dolaşımına bağlı olarak soğuk kaynak suları ya da jeotermal kaynak su olarak yeryüzüne çıkabilmektedir. Jeotermal su, bu döngü içerisinde yeraltısularının dolaşımına bağlı olarak ısınmakta ve ısınan suyun kayaçlardaki mineralleri çözebilme özelliği artmakta ve böylece soğuk su kaynaklarına göre iyon içeriği bakımından zenginleşmektedir. Yeraltısuyunun optimum kullanımı sağlandığında yenilenebilir ve sürdürülebilir olabilmektedir. Yeraltısuları, içme ve tarımsal sulama suyu olarak kullanılabildiği gibi rezervuardaki akışkanın sıcaklığına göre elektrik enerjisi elde etme, konut ısıtması, sebze-meyve kurutması, seracılık, kaplıca tedavisi (balneoloji) vb. kullanım alanları da bulunmaktadır. Jeotermal enerji kaynağının entegre kullanıma da uygun olması, bu enerji kaynağının önemini arttırmaktadır.

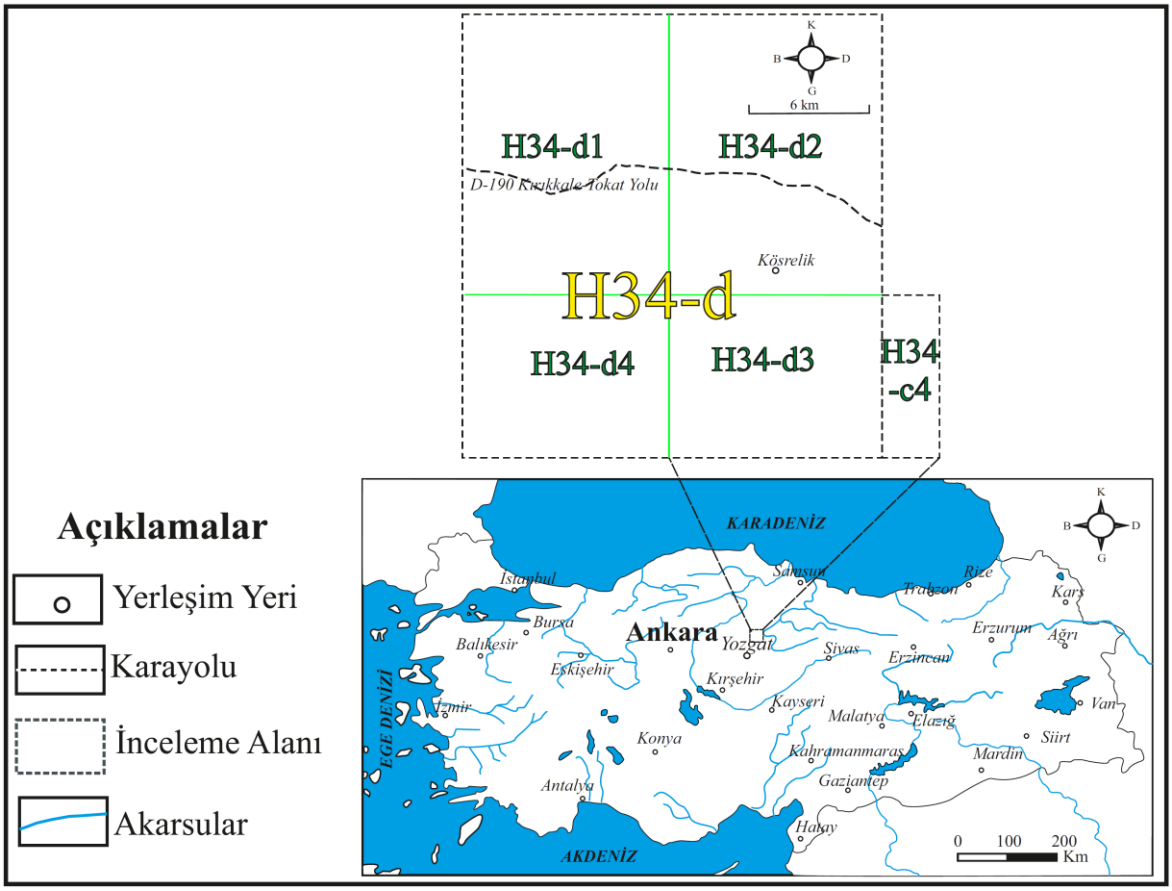
Jeolojik ve tektonik özellikleri bakımından önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olan Türkiye'de jeotermal kaynakların dağılımı daha çok Batı Anadolu Graben Sistemleri'nde görülmektedir (Baba ve Sözbilir, 2012; Karakuş ve Şimşek, 2013). Ayrıca, Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri'nde, İç Anadolu Bölgesi'nde Neojen volkanitlerinde de jeotermal kaynaklar bulunmaktadır (Mutlu ve Güleç, 1998; Aydin ve diğ., 2020). İnceleme alanında bu jeotermal ve soğuk su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesiyle kullanım özelliklerinin ve geliştirme olanaklarının belirlenmesiyle beraber ortaya çıkartılan kavramsal model ile bölgenin gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın amacı ve önemi

İnceleme alanı, Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) sınırları içerisinde olup, inceleme lokasyonları daha çok H34-d2, diğer paftalarında H34-d1, H34-d3 ve H34-c4 belirli bir kısmını içerisine almaktadır.

Tezin amacı, Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) bölgesindeki jeotermal ve soğuk su kaynaklarının mevcut fiziksel, hidrojeokimyasal, izotopik ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$, ^{3}H) özelliklerinin incelenmesiyle hidrojeolojik kökeninin ortaya çıkarılarak bölgedeki rezervuar sistemine ait olası rezervuar sıcaklıklarını jeotermometrelerle hesaplamaktır. Bu verilerden hareketle jeotermal sistemi belirlemek için mevcut ve elde edilecek verilere dayanarak, sistemle ilgili varsayımlar yapılarak kavramsal hidrotermal modelin kurulması ve sahadaki suların kısmen balneolojik (jeotermal suyun sağlıkla ilişkisi) özelliklerinin de incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez kapsamında, elde edilecek bilimsel verilerle, jeotermal kaynağın kullanım olanakları ve kısmen balneolojik özellikleri de belirlenerek bölgenin kalkınma planlarına katkısı irdelenecektir. İlgili çalışmalar bu tez kapsamında ilk defa yapılacaktır. Kalkınmada öncelikli bölgede yer alan Yozgat İli'ndeki Aydıncık-Kösrelik jeotermal sisteminin kavramsal hidrotermal modelinin ortaya konması, Yozgat ve Türkiye'deki benzer sahalarda bu alanda yapılacak çalışmalara temel oluşturacağından, Yozgat ve Türkiye'deki benzer alanlarda yapılacak araştırmalar için bir örnek oluşturması beklenmektedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanının yerbulduru haritası.

Bu çalışmada, verilerin karşılaştırılması için yağışlı ve kurak dönem olmak üzere inceleme alanından iki farklı dönemde su örneklemeleri yapılarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

2 GENEL (KURAMSAL, KAYNAK) BİLGİLER

İnceleme alanı ve çevresinde jeotermal ve soğuk su kaynaklarının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik incelemesine yönelik yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Ketin (1955), "Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu" jeolojik etüdünü yaparak, Yozgat-Yerköy-Sorgun ve Saraykent civarını da içeren 1/100.000'lik haritada jeolojik birimleri tanımlamıştır.

Özmutaf (1988), Sarıkaya kaplıcası civarında jeolojik ve hidrojeolojik incelemelerde bulunmuş; kaynaklara ait korunma alanlarını belirleyerek bu alanlarda alınacak önlemlere değinmiştir.

Yücel ve diğ. (2001), Orta Anadolu (Kırşehir -Çiçekdağı, Yozgat-Yerköy) jeotermal etüt raporunda, Mahmutlu, Bulamaçlı ve Güven Hamamı dolayının jeolojik ve jeotermal olanakları bakımından incelemişler ve inceleme alanında 410 km^2'lik bir alanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritasını yapmışlardır.

Burçak ve diğ. (2005), Saraykent (Karamağara) kaplıcasını kapsayan sahada jeotermal jeolojisi çalışmasıyla sahanın tektoniğini ve stratigrafisini belirlemeye çalışmışlar; sahada jeofizik ölçümlerle beraber sahadan toplanan soğuk ve sıcak su örneklerinin hidrojeokimyasal analizleri ile yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini yorumlamışlardır.

Özulukale ve Şimşek (2015a), Saraykent (Yozgat) jeotermal sahasındaki suyun fiziksel ve hidrojeokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Sahadan elde edilen verilere göre, jeotermal rezervuardaki su kayaç etkileşimiyle sahadaki suların olası köken ve olası rezervuar sıcaklığını; suların kabuk yapıcı özelliklerini açıklamışlardır. Jeotermal akışkan sıcaklıklarının 48,2-73,6°C arasında değişmekte olduğunu ve muhtemel rezervuar sıcaklığının 108-157°C aralığında olduğunu jeotermometrelerle hesaplamışlardır.

Özulukale ve Şimşek (2015b), Akdağmadeni (Yozgat) jeotermal sahasındaki suyun fiziksel ve hidrojeokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Sahadan elde edilen verilere göre, jeotermal rezervuardaki su-kayaç etkileşimiyle sahadaki suların olası kökenlerinin, muhtemel rezervuar sıcaklığını ve kabuk yapıcı özelliklerini tespit etmişler; jeotermal akışkan sıcaklıklarının 27,3-47,7°C arasında değişmekte olduğunu belirtmişler ve muhtemel rezervuar sıcaklığının 78-149°C aralığında olduğunu jeotermometrelerle hesaplamışlardır.

Şener ve Şener (2021); Şefaatli (Yozgat) doğusu yüzey ve yeraltısularının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenerek jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerine göre akifer-1, akifer-2, akifüj ve akitard olarak gruplandırmışlardır. Mayıs (2019) döneminde yeraltısuyu seviyesini ölçerek yeraltısuyu akımının, güneydoğudan kuzeybatıya doğru olduğunu belirlemişler; aynı dönemde yüzey ve yeraltısularından alınan su örneklerinin hidrojeokimyasal özelliklerini, su kalitesini ve kullanım özelliklerini açıklamışlardır.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanı ile ilgili güncel literatür taraması gerçekleştirilmiştir. İnceleme; büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde yürütülmüştür.

İnceleme alanındaki hidrojeolojik sistemlerin özelliklerinin belirlenebilmesi için alandaki birimlerin litolojik özelliklerinin belirlenmesi gerekmiştir. Bölgede jeolojik ve hidrojeolojik amaçlı çalışmalar derlenerek, inceleme alanının genişliği de dikkate alınarak, inceleme alanının 1/60.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Mart (2022) ayında ön arazi çalışması yapılarak inceleme alanındaki jeotermal ve soğuk su kaynaklarının konumları GPS ile belirlenip, yerinde sıcaklık, özgül elektriksel iletkenlik ve pH parametreleri ölçülmüştür. İnceleme alanındaki su kaynaklarından Mart (2022) döneminde kimyasal (majör iyon ve iz element) ve izotopik analizler ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$ ve ^{3}H) ve kar örneklerinden de izotopik analizler ($\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$) için örneklemeler gerçekleştirilmiştir. Kasım (2022) döneminde ise, sadece su kaynaklarından kimyasal (majör iyon ve iz element) ve izotopik analizler ($\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$) için örneklemeler gerçekleştirilmiştir.

Katyon ve anyon analizleri için ayrı ayrı çift kapaklı 1500 ml'lik polietilen şişelerde örnek alınmıştır. Hidrokimyasal analiz çalışmaları DSİ Laboratuvarları'nda hizmet alımı olarak yaptırılmıştır. $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ izotop analizleri için örnekler 100 ml, trityum (^{3}H) örnekleri 1000 ml polietilen şişelerde toplanmıştır. İzotop analizleri, DSİ TAKK Dairesi İzotop Laboratuvarları'nda standart metotlar kullanılarak hizmet alımı olarak yaptırılmıştır.

3.1 İnceleme Alanındaki Örnekleme Çalışmaları

Yozgat İli Aydıncık ilçe merkezi Kösrelik Köyü çevresinde bulunan jeotermal ve soğuk suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortaya çıkartılması, suların kökenleri ve birbirleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla Mart (2022) ve Kasım (2022) aylarında inceleme alanında su ve yağış örneklemesi yapılmıştır.



Şekil 3.1. İnceleme alanındaki KÖS-5 (jeotermal) kaynak çıkışından örnek alımı.



Şekil 3.2. Aydıncık-Kösrelik (Yozgat) inceleme alanından kar ve su örnekleri alımı ve arazide ölçüm çalışmaları.

4 İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

İnceleme alanında Ateş ve diğ. (2007) yapılan bölgesel ölçekte jeolojik harita çalışmalarından yararlanılarak 1/60.000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik kesitler hazırlanmıştır.

Jeolojik harita üzerine su örnekleme noktaları da işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 4.1, Ek 1 ve Ek 2).

4.1 Devecidağ Karışığı (TRd)- Karbonifer-Permiyen-Triyas

Devecidağ karışığı oldukça kıvrımlı ve kırıklı çakıltaşı, kumtaşı, grovak, kiltaşı, kireçtaşı blokları, kumtaşı, radyolarit, çört, diyabazlar ve metakumtaşı, metapelit ve metaçakıltaşından ve sleytten oluşmuştur (Özcan ve diğ., 1980; Ateş ve diğ., 2007). Özcan ve diğ. (1980) tarafından bu karışığa Karbonifer-Triyas yaş aralığını vermişlerdir.

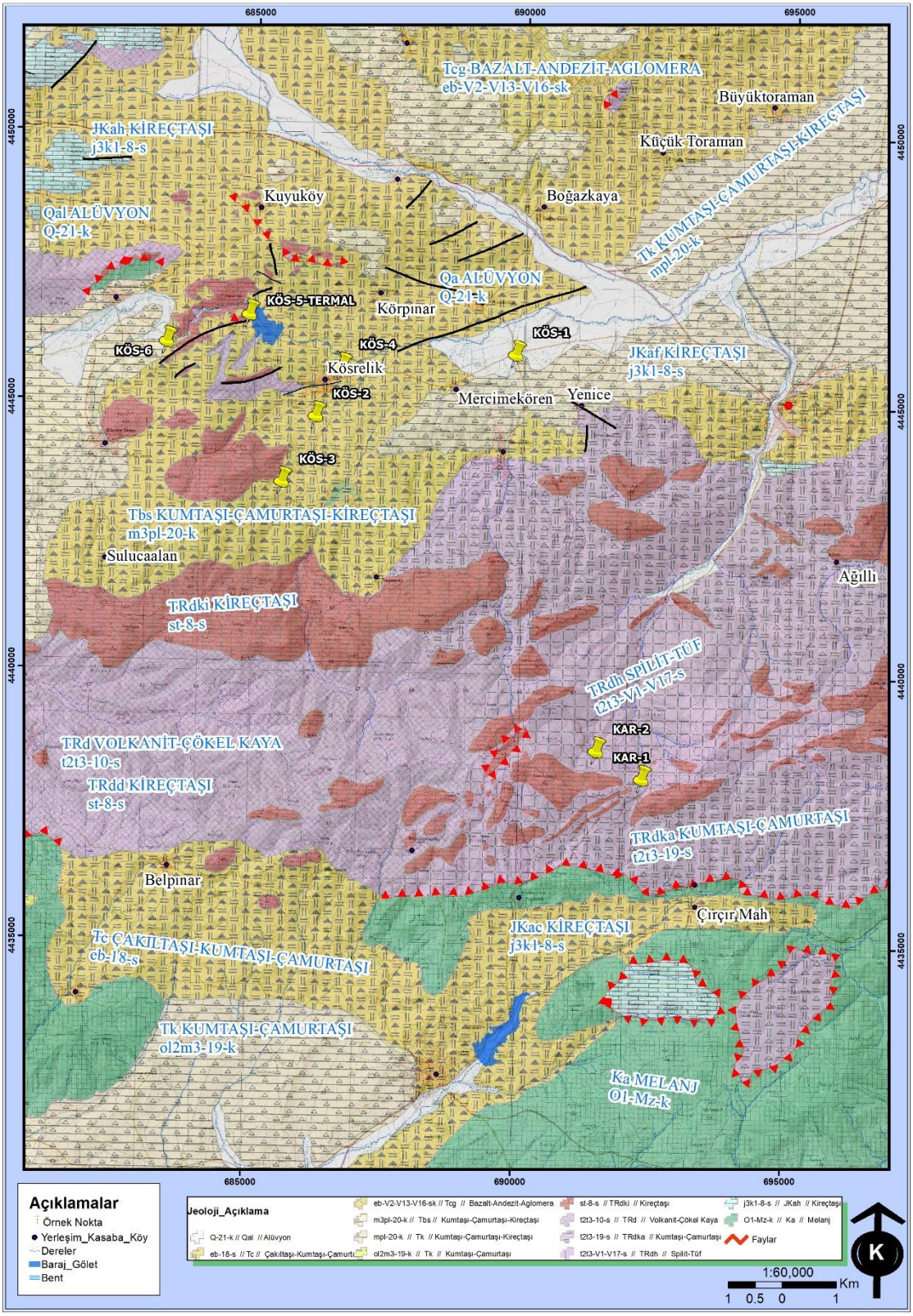
Özcan ve diğ. (1980) tarafından Karasenir Grovak Üyesi (TRdka), Hamidiye Volkanik Üyesi (TRdh) ve Kızılcın Kireçtaşı Üyesi (TRdki) olarak incelemişlerdir.

4.2 Artova Ofiyolitli Karışığı (Ka)- Kretase

Üst Kretase yaşlı bu birime, Özcan ve diğ. (1980) tarafından Artova Ofiyolitli Karışığı olarak adlandırmışlardır. Bu birim, peridotit, serpantinit, gabro gibi ultrabazik, diyabaz, spilitik yastık lav gibi bazik kayalar, radyolarit ve kireçtaşı bloklarından oluşmuştur (Ateş ve diğ., 2007).

4.3 Amasya Grubu-Üst Jura-Alt Ktetase

Amasya Grubu birimi ilk defa Alp (1972) tarafından tanımlanmış olup fasiyes özelliklerine göre Ferhatkaya Formasyonu (JKaf) ile Carcurum Formasyonu (JKac) olarak incelemiştir. Birimin genel olarak kireçtaşı, marn ve çört yumrulu kireçtaşından oluştuğunu belirtmiştir (Alp, 1972).



Şekil 4.1. İnceleme alanının jeolojik haritası (Ateş ve diğ., 2007'den değiştirilerek alınmıştır) ve su örnekleme noktalarının gösterimi.

4.4 Kemerkaş Formasyonu (Tk)- Miyosen-Pliyosen

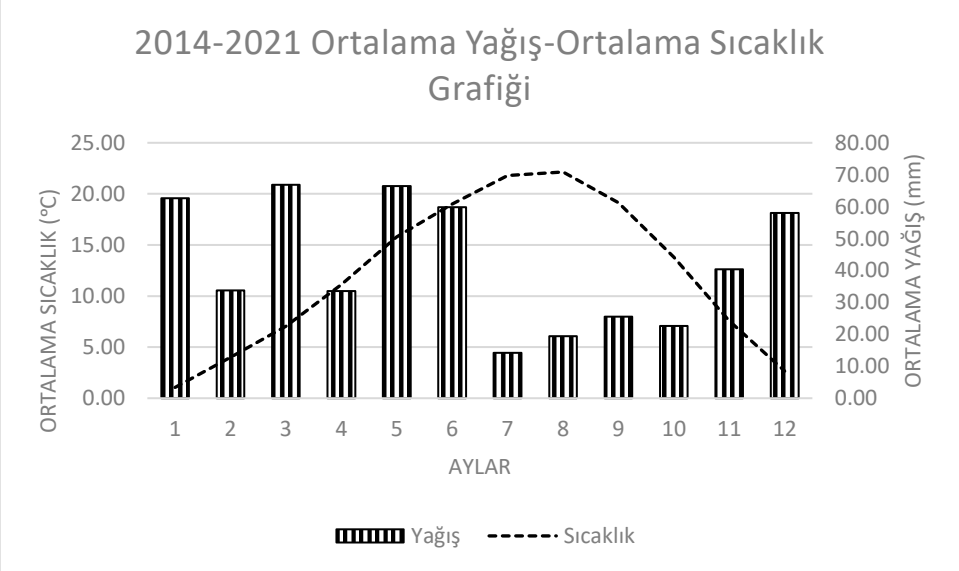
Birim, Özcan ve diğ. (1980) tarafından Kemerkaş Formasyonu olarak tanımlanmışlardır ve birimin genel olarak Çakıltaşı, çakıltaşı-kaba kumtaşı ardalanması, çamurtaşı ve jips ara tabakaları ile travertenlerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

4.5 Alüvyon (Qal)-Kuvaterner

İnceleme alanında alüvyon malzeme çakıl, kum, kil boyutundaki çökellerden oluşmaktadır.

5 İNCELEME ALANININ HİDROLOJİSİ

İnceleme alanında yağışlı ve kurak dönemleri belirlemek için Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nün Aydıncık (Yozgat) Bölgesi'nin 2014-2021 yıllarına ait ortalama yağış ve ortalama sıcaklık verilerinin grafiği Şekil 5.1'de sunulmuştur. Bu grafiğe göre ocak ayından haziran ayına kadar yağışlı dönem temmuz ayından ekim ayına kadar kurak dönem ve kasım ayından sonra tekrar yağışlı dönem başladığı belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında, yağışlı dönem olarak Mart (2022) dönemi, kurak dönem olarak da Kasım (2022) dönemi tercih edilmiştir.



Şekil 5.1. Aydıncık (Yozgat) bölgesi 2014-2021 yıllarına ait ortalama yağış ve ortalama sıcaklık grafiği.

6 İNCELEME ALANINDAN ELDE EDİLEN BULGULAR

İnceleme alanından elde edilen bulgular, hidrojeokimya ve izotoplar başlığı altında 5 farklı alt başlıkla incelenmiştir.

6.1 Hidrojeokimya ve izotoplar

Rezervuar/akiferde bulunan akışkanların hidrojeokimyasal bileşimleri inceleme alanındaki benzer litolojik özelliklerde olan kaya birimlerinde benzer olması beklenmektedir. Mevsimsel değişimlere bağlı iklim koşullarının değişmesi, kimyasal bileşimlerinde benzerlik gösteren akışkanların toplam iyon konsantrasyonunda farklılaşmasına neden olmaktadır.

İzotoplar, incelemelerde duraylı izotop ve duraysız (radyoaktif) izotop olarak çalışmanın amacına göre kullanılmaktadır. Hidrojeolojide kullanılan duraylı izotoplardan $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ ile duraysız izotop olan ^{3}H analizleri için inceleme alanından su örnekleri alınmıştır.

İnceleme alanında hidrojeokimya ve duraylı izotop ($\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$) çalışmaları 2 dönem gerçekleştirilmiştir. Duraysız izotop (^{3}H) analiz çalışmaları ise 1 dönem gerçekleştirilmiştir.

6.1.1 Kaynak sularının fiziksel ve hidrojeokimyasal özellikleri

İnceleme alanındaki suların analiz sonuçlarına göre majör anyon-katyon konsantrasyonlarının ve iz element konsantrasyonlarının değerleri dönemsel olarak çizelgelerde sunulmuştur (Çizelge 6.1 ve 6.2). Hidrojeokimyasal analiz sonuçlarına ait analiz hatası hesaplanırken majör anyon-katyon konsantrasyonlarının mg/L değerleri, mek/L birimine çevrildikten sonra % olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.1). İnceleme alanındaki kaynak sularının dönemsel akışkan sıcaklıkları 8.5-21.7°C arasında değişmiştir. İnceleme alanında sadece 1 örnekleme noktasında (KÖS-5) akışkan sıcaklığı Mart 2022 döneminde 20 °C'den fazla ve Kasım 2022 döneminde ise 18.4°C'de olup diğer kaynak sularından yaklaşık 9°C daha fazla sıcaklığa sahip olduğundan jeotermal su olarak çizelgelerde ve grafiklerde gösterilmiştir. İnceleme alanındaki suların pH değerleri 7.12-7.76 olup nötrden alkaliye doğru değişim aralığında ve özgül elektriksel iletkenlikleri (ÖEİ, 25°C) ise, 490-1272 µS/cm arasında ölçülmüştür. İnceleme alanındaki bazı örnekleme noktalarında (KÖS-1, KÖS-2 ve KÖS-3) dönemsel olarak özgül elektriksel iletkenlikleri (ÖEİ, 25°C) 1000

µS/cm değerini geçmektedir. Jeotermal kaynağın (KÖS-5), ÖEİ değeri 1000 µS/cm (25^{o}C) den düşük olduğu için doygunluk indeksi hesaplanmamıştır.

İnceleme alanındaki su örneklerinin majör katyon-anyon hidrokimyasal analiz sonuçları % mek/L birimine dönüştürülerek major katyonlar ve anyonlar kendi içerisinde yüzdeleri belirlenerek iyon bolluk dizilimleri belirlenmiştir. Bu dizilimler, Çizelge 6.3'te dönemsel olarak karşılaştırmalı verilmiştir.

Yeraltısularının toplam iyon içerisindeki major iyonları Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+} ve K^{+} katyon konsantrasyonundan, HCO_3^{-}, SO_4^{-2} ve Cl^{-} anyon konsantrasyonundan oluşmaktadır. Bu konsantrasyonlar, rezervuar/akifer litolojisi ve suyun kökeni hakkında bilgiler vermektedir.

İnceleme alanındaki kaynak su örneklerinin major iyon derişimleri dikkate alındığında inceleme alanındaki kireçtaşlarından ya da magmatik kayaçlardan Ca ve Mg'ca zengin minerallerin çözülerek yeraltısuyuna geçmiş olabileceği düşünülmektedir. İnceleme alanındaki kaynakların çıkışı civarında kireçtaşı birimlerinin egemen olduğu görülmektedir.

Yeraltısuyu kaynaklarının bazılarında (KÖS-1 ve KÖS-2) baskın olan Ca^{+2}- HCO_3^{-} yerine $(Na^{+}+K^{+})/Mg^{+2}$-HCO_3^{-} iyonlarında artış görülmüştür. Bu farklılığının nedeni inceleme alanındaki su-kayaç etkileşimi farklılığından dolayı, inceleme alanındaki magmatik kayaç litolojilerinden $(Na^{+}+K^{+})$ ve Mg^{+2} iyonlarının geldiği düşünülmektedir.

Anhidrit ($CaSO_4$), jips ($CaSO_4.2H_2O$) gibi evaporit minerallerin (jips gibi) çözünmesi ya da pirit (FeS_2) mineralinin yükseltgenmesiyle SO_4^{-2} iyonu yeraltısuyuna geçebilmektedir. İnceleme alanındaki suların içerisindeki SO_4^{-2} konsantrasyonlarının yüksekliği volkanik kökenli rezervuar kayaçlardaki pirit mineralinin yükseltgenmesinden dolayı ya da evaporitlerdeki jipsin çözünmesinden kaynaklanabilir.

Çizelge 6.1. İnceleme alanındaki suların majör anyon-katyon konsantrasyonlarının dönemsel analiz sonuçları ve TS-266 (2005) standartı ile karşılaştırılması.

Dönem	Örnekleme Numarası	Örnekleme Sıcaklığı °C	pH	Özgül Elektriksel İletkenlik µS /cm (25°C)	Sodyum (Na), (mg/L)	Potasyum (K), (mg/L)	Kalsiyum (Ca), (mg/L)	Magnezyum (Mg), (mg/L)	Klorür (Cl), (mg/L)	Sülfat (SO_4), (mg/L)	Bikarbonat (HCO_3), mg/L	Amonyum (NH_4), mg/L	Nitrit (NO_2), mg/L	Nitrat (NO_3), (mg/L)	Florür (F), (mg/L)	Silis (SiO_2) (mg/L)	Analiz Hatası %
Mart 2022	KÖS-1	13.7	7.46	**1260**	29.74	6.30	90.85	114.74	17.20	**223.12**	**578.16**	**0.26**	**0.1385**	**80.301**	**1.413**	7.576	2.7
	KÖS-2	14.4	7.76	**1272**	**196.93**	0.25	46.19	60.60	18.55	**63.66**	**812.40**	<0,025	**0.1486**	**97.435**	**2.531**	8.700	2.3
	KÖS-3	11.7	7.12	**1114**	49.16	1.71	129.36	74.93	17.10	29.90	**783.12**	**0.15**	**0.15**	10.057	0.625	8.832	3.0
	KÖS-4	13.4	7.67	**502**	2.03	0.54	115.30	10.43	5.79	13.02	**376.86**	**0.10**	0.0609	7.406	0.190	6.315	0.8
	KÖS-5 (Jeotermal)	21.7	7.58	**781**	55.29	3.24	74.16	35.42	24.93	**51.81**	**440.30**	**0.09**	0.0725	14.543	**1.339**	8.405	0.6
	KÖS-6	12.5	7.63	**819**	25.69	2.89	143.64	34.40	27.93	**45.23**	**572.06**	**0.30**	**0.1348**	**25.292**	0.591	9.920	0.4
Kasım 2022	KÖS-1	9.2	7.41	**970**	43.71	5.38	139.59	66.62	13.49	**45.28**	**792.17**	<0,025	0.053	19.836	0.475	*	0.6
	KÖS-2	9.1	7.44	**1200**	**224.15**	0.36	56.84	70.09	20.40	**60.36**	**920.27**	<0,025	0.052	**67.246**	**1.791**	*	4.1
	KÖS-3	8.5	7.35	**976.0**	61.44	2.22	140.48	74.55	15.57	27.75	**881.84**	<0,025	<0,025	13.989	0.592	*	1.3
	KÖS-4	9.3	7.21	**490**	5.37	2.06	144.83	10.81	6.21	12.15	**471.92**	<0,025	<0,025	9.185	0.253	*	1.4
	KÖS-5 (Jeotermal)	18.4	7.30	**810**	8.89	2.80	175.80	15.11	37.06	**71.02**	**459.11**	<0,025	<0,025	13.945	**1.685**	*	2.1
	KÖS-6	9.7	7.45	**860**	35.15	1.95	180.61	40.72	29.48	**47.99**	**728.12**	<0,025	0.052	**26.890**	0.580	*	0.6
TS-266 (2005), değer en çok SINIF 1 ve SINIF 2 (TİP 1)		-	6.5-9.5	65	100	-	-	-	-	30	25	0.05	0.1	25	1	-	-
TS-266 (2005), değer en çok SINIF 2 (TİP 2)		-		250	200	-	-	-	-	250	250	0.50	0.50	50	1.5	-	-

* Analizi gerçekleştirilmemiştir.

Çizelge 6.2. İnceleme alanındaki suların iz element konsantrasyonlarının dönemsel analiz sonuçları ve TS-266 (2005) standartı ile karşılaştırılması.

Dönem	Örnekleme Numarası	TOPLAM KURŞUN (µg/L)	TOPLAM ÇİNKO (µg/L)	TOPLAM KROM (µg/L)	TOPLAM MANGAN (µg/L)	TOPLAM DEMİR (µg/L)	TOPLAM BAKIR (µg/L)	TOPLAM NİKEL (µg/L)	TOPLAM ALUMİNYUM (µg/L)	TOPLAM ARSENİK (µg/L)	TOPLAM BOR (mg/L)	TOPLAM LİTYUM (µg/L)
Mart 2022	KÖS-1	0.51	2.93	1.36	*	12.90	*	2.10	6.67	*	0.22	48.39
	KÖS-2	*	*	2.22	*	12.40	1.02	0.97	12.72	0.79	0.80	74.05
	KÖS-3	*	*	0.64	1.81	14.34	1.38	6.12	5.10	*	0.58	48.92
	KÖS-4	*	1.72	*	*	12.68	*	1.67	30.09	1.40	0.03	1.99
	KÖS-5 (Jeotermal)	*	*	0.47	*	10.03	*	2.17	10.87	**20.47**	0.48	24.31
	KÖS-6	*	2.83	0.63	*	11.93	1.17	2.62	13.82	**11.02**	0.18	28.28
Kasım 2022	KÖS-1	*	1.66	1.96	2.10	6.41	*	*	6.41	3.63	0.115	12.94
	KÖS-2	*	*	1.11	*	2.89	0.87	*	3.40	0.96	0.663	58.81
	KÖS-3	*	1.54	*	*	3.62	0.63	2.09	*	0.66	0.536	40.01
	KÖS-4	*	*	*	*	*	*	*	*	3.15	0.018	1.54
	KÖS-5 (Jeotermal)	*	*	*	*	3.53	*	0.72	3.24	**32.64**	0.513	21.45
	KÖS-6	*	*	0.50	*	3.09	*	*	2.11	**11.40**	0.185	25.19
TS-266 (2005) SINIF 1 ve SINIF 2 (TİP 1)		10 µg/L	-	50 µg/L	20 µg/L	50 µg/L	100 µg/L	20 µg/L	200 µg/L	10 µg/L	1 mg/L	-
TS-266 (2005) SINIF 2 (TİP 2)		10 µg/L	-	50 µg/L	50 µg/L	200 µg/L	2000 µg/L	20 µg/L	200 µg/L	10 µg/L	1 mg/L	-

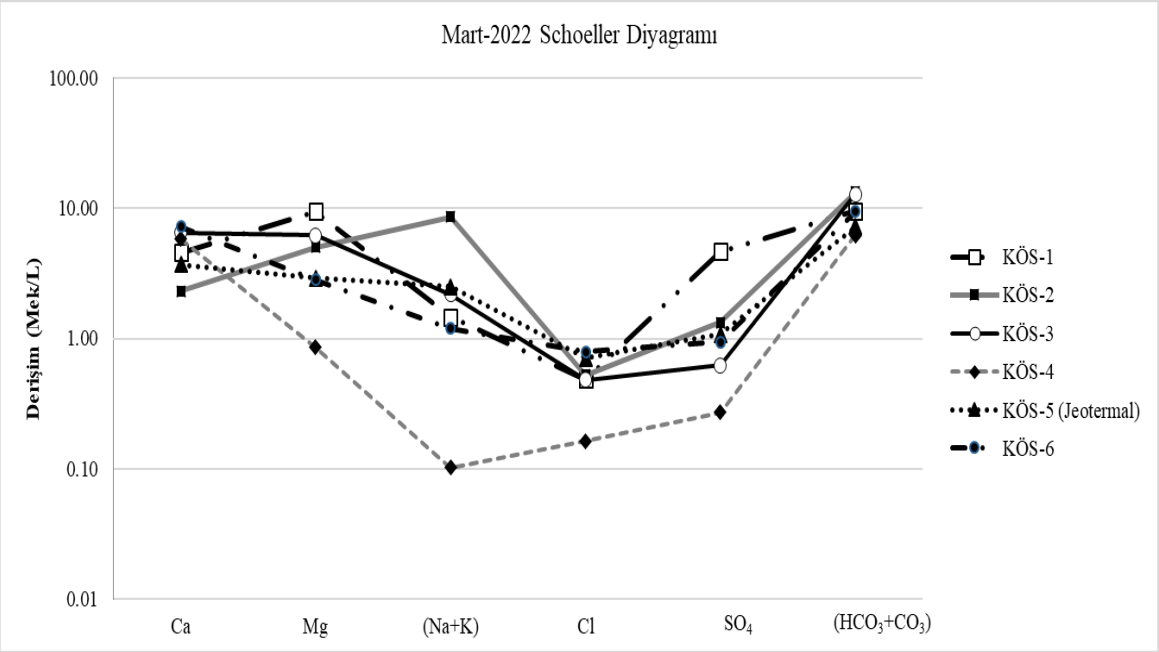
* Belirleme limitlerinin altındadır.

Çizelge 6.3. İnceleme alanındaki suların iyon bolluk dizilimleri.

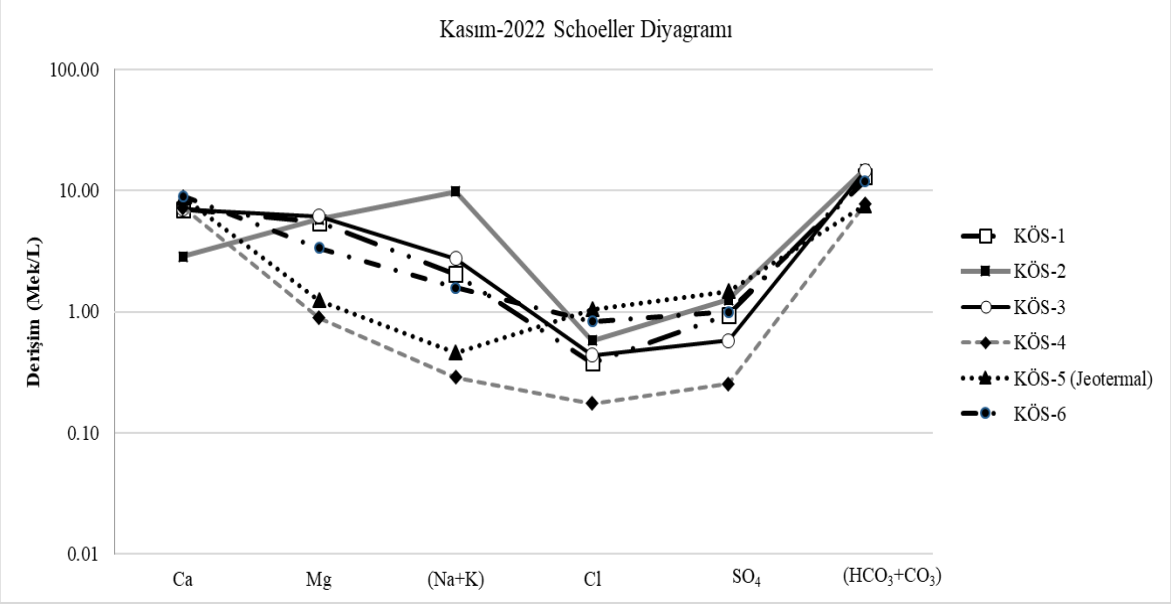
Örnek No	1. Dönem (Mart 2022, %mek/L)		2. Dönem (Kasım-2022, %mek/L)	
KÖS-1	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Mg^{+2}> Ca^{+2}>(Na^++K^+)	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)
KÖS-2	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	(Na^++K^+)> Mg^{+2}> Ca^{+2}	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	(Na^++K^+)> Mg^{+2}> Ca^{+2}
KÖS-3	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)
KÖS-4	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)
KÖS-5 (Jeo-termal)	**HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-**	**Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)**	**HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-**	**Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)**
KÖS-6	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)	HCO_3^-> SO_4^{-2} > Cl^-	Ca^{+2}> Mg^{+2}>(Na^++K^+)

İnceleme alanından dönemsel olarak toplanan su örneklerinin majör katyon-anyon analiz sonuçlarının mek/L'ye dönüştürülerek çizilen yarı logaritmik Schoeller Diyagramı'nda (Schoeller, 1977), soğuk su örnekleri (KÖS-1, KÖS-3, KÖS-4, KÖS-6) genellikle daha yüksek Ca^{+2}+Mg^{+2} ve HCO_3^-+SO_4^{-2} ve KÖS-2 numaralı su örneğinde (Na^++K^+) ve HCO_3^-+SO_4^{-2} iyon konsantrasyonunda zenginleşme vardır. Genel olarak, soğuk su örneklerin iyon içeriklerinde paralellik dikkati çekmektedir. Jeotermal suyun (KÖS-5) soğuk su örnekleriyle benzer iyon konsantrasyonunda zenginleşmenin gözlenmesi, soğuk su örnekleriyle benzer kökene işaret edebilir (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2).

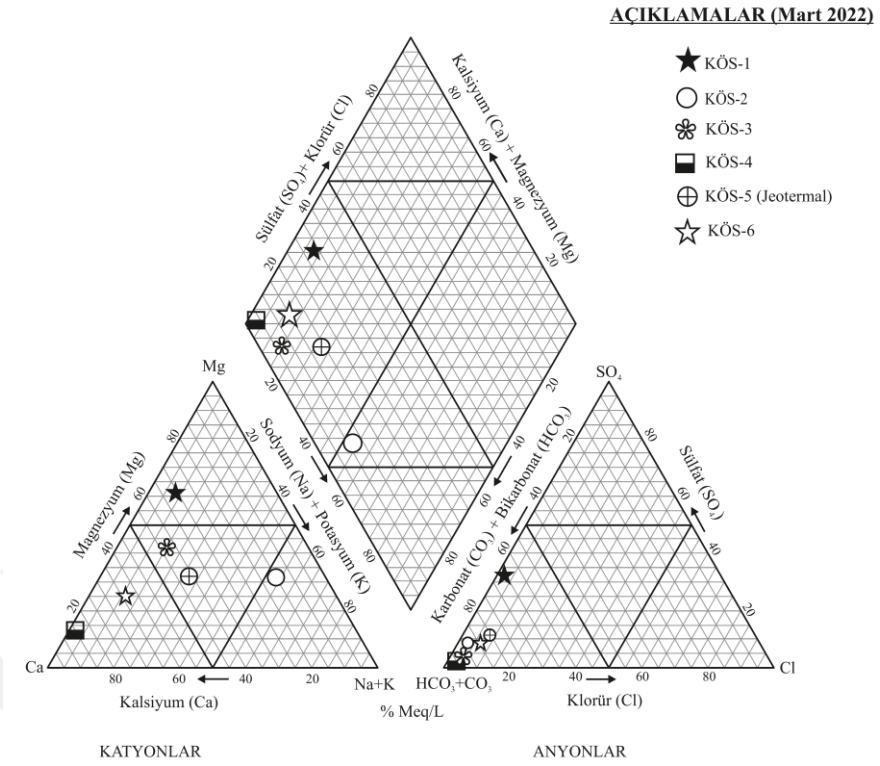
İnceleme alanından dönemsel olarak toplanan su örneklerinin majör katyon-anyon analiz sonuçları % mek/ L'ye dönüştürülerek çizilen Piper Diyagramı'nda (Piper, 1944), jeotermal suyun (KÖS-5), Ca^{+2}+Mg^{+2} ve HCO_3^-+SO_4^{-2} iyonlarınca zenginleşmenin olduğu kısımlarda gruplanırken, soğuk su örnekleri ise genellikle daha yüksek Ca^{+2}+Mg^{+2} ve HCO_3^- +SO_4^{-2} iyonlarınca zenginleşmenin olduğu kısımlarda ve bazısında (KÖS-2) Na^++K^+ ve HCO_3^-+SO_4^{-2} karışım bölgesinde gruplaştığı belirlenmiştir (Şekil 6.3 ve Şekil 6.4).



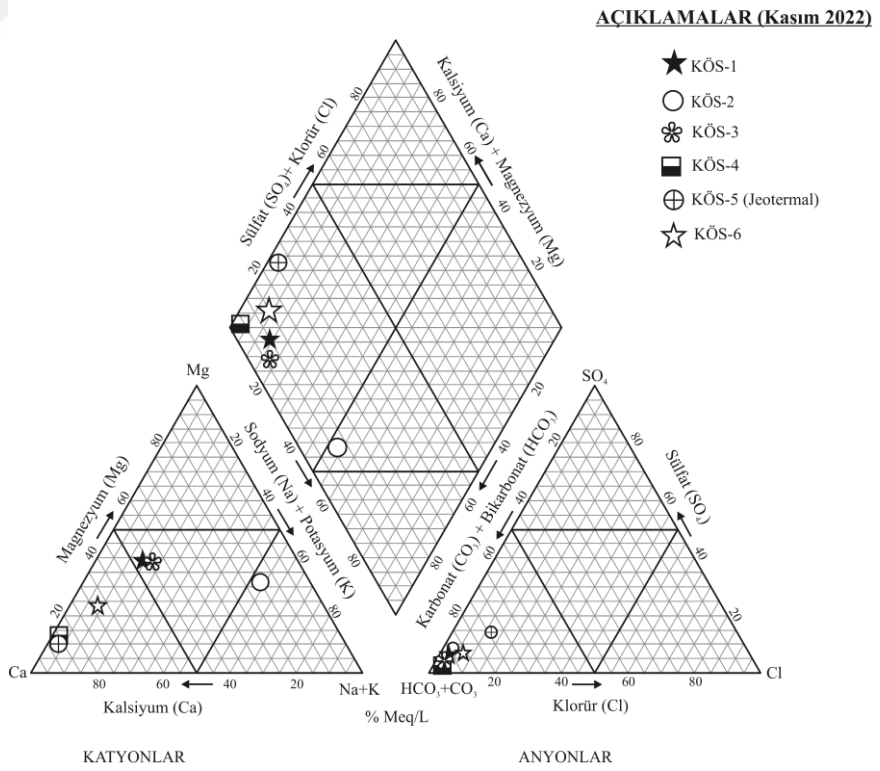
Şekil 6.1. İnceleme alanındaki su örneklerinin Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller Diyagramı'nda gösterimi.



Şekil 6.2. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin yarı logaritmik Schoeller Diyagramı'nda gösterimi.



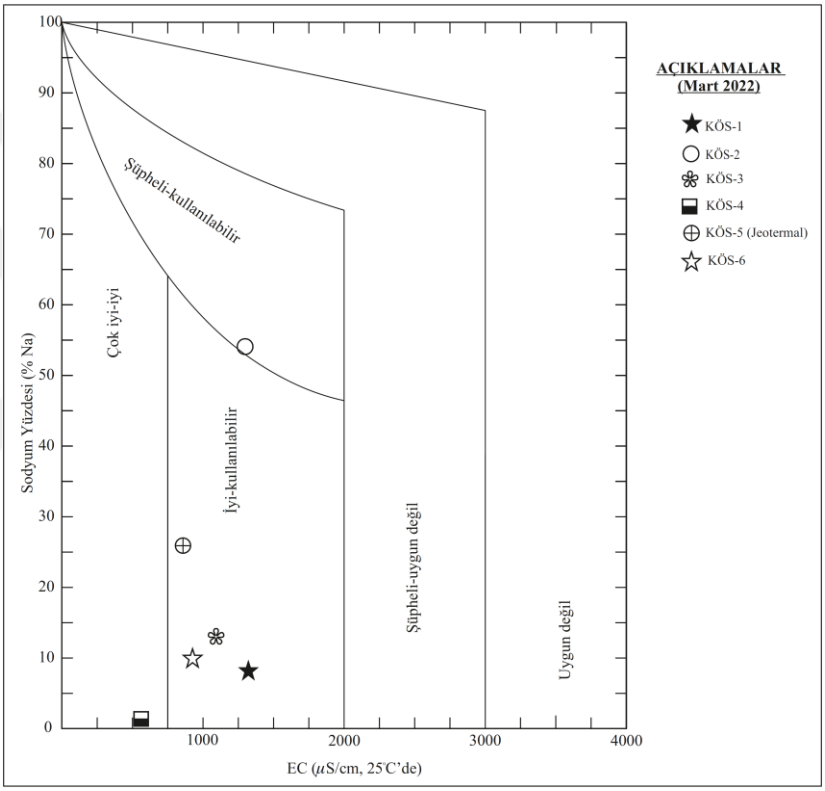
Şekil 6.3. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi.



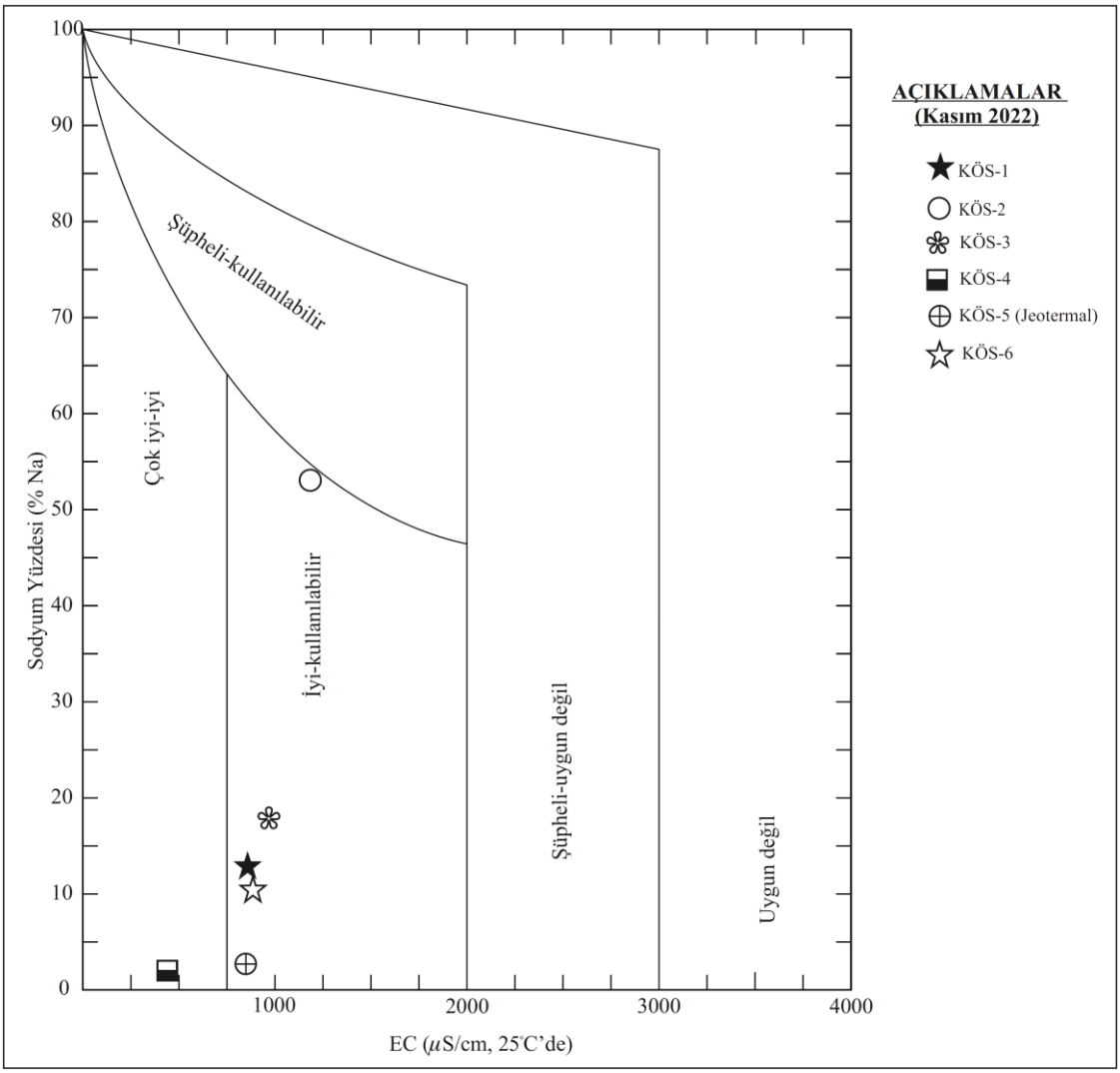
Şekil 6.4. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait Piper Diyagramı'nda su örneklerinin gösterimi.

6.1.2 Suların sınıflama diyagramları

İnceleme alanından toplanan sular "Wilcox Diyagramı" ve "ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı"nda sırasıyla ÖEİ değerine karşılık Na^+ iyonunun katyonlar içerisindeki % değeri ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) işaretlenerek suların sulama suyu olarak kullanımına uygun olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7 ve Şekil 6.8). "ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı"nda S1'den S4'e artış Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) artışını gösterirken, C1'den C4'e artış ÖEİ'deki artışı ifade eder.



Şekil 6.5. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin Wilcox Diyagramı'nda gösterimi (EC (µS/cm, 25°C)=ÖEİ).

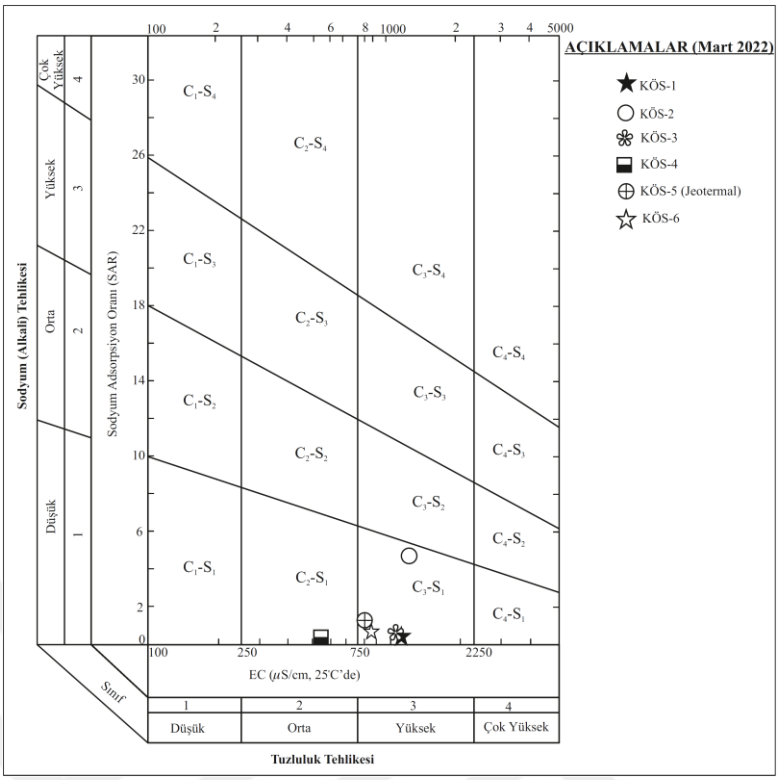


Şekil 6.6. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin Wilcox Diyagramı'nda gösterimi (EC (µS/cm, 25°C)=ÖEİ).

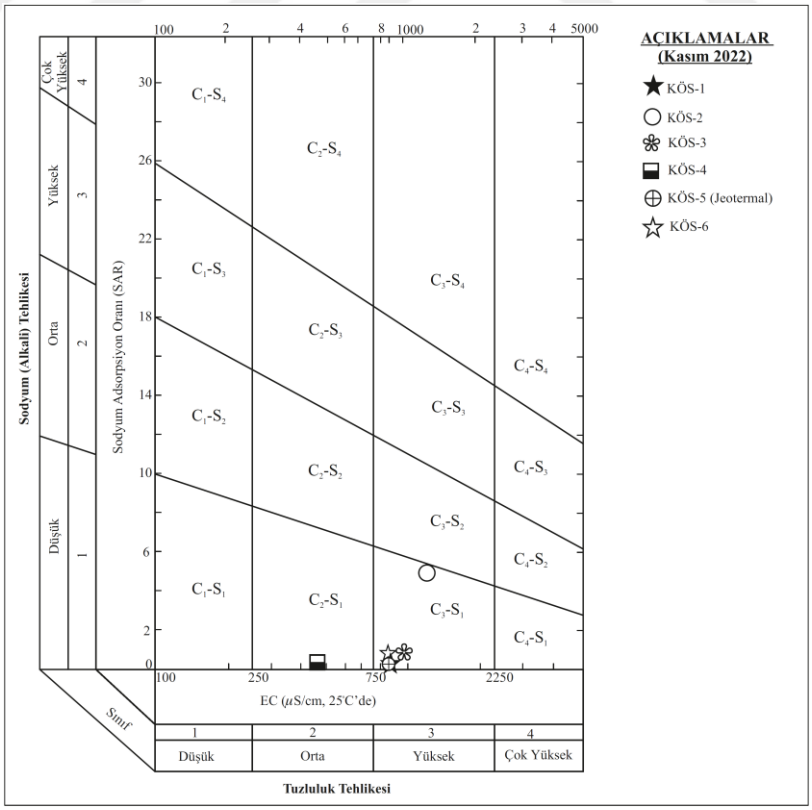
Suların dönemsel analizleri sonucunda oluşturulan "Wilcox Diyagramı" na göre soğuk su örnekleri çok iyi-iyi ve iyi-kullanılabilir kısımda yer almakta iken **KÖS-2** su örneği şüpheli-kullanılabilir sınırında yer aldığı belirlenmiştir. Jeotermal su örneği ise, iyi-kullanılabilir kısmında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 6.5 ve Şekil 6.6).

"ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı" nda dönemsel olarak alınan soğuk suların çoğunlukla C_3-S_1 (yüksek ÖEİ, düşük SAR oranlı) ve C_2-S_1 (orta ÖEİ, düşük SAR oranlı) ile jeotermal su kaynağının C_3-S_1 (yüksek ÖEİ, düşük SAR oranlı) olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.7 ve Şekil 6.8).

"Wilcox Diyagramı" ve "ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı"na göre, KÖS-2 hariç (şüpheli-kullanılabilir) diğer kaynak sularının genel olarak sulama için uygun olduğu belirlenmiştir.



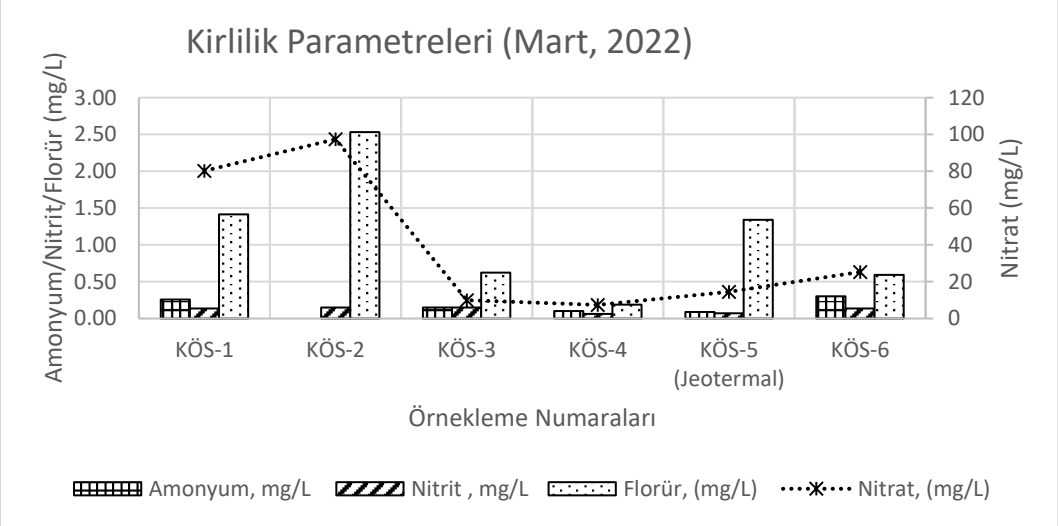
Şekil 6.7. İnceleme alanındaki Mart 2022 dönemine ait su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında gösterimi (EC (µS/cm, 25°C)=ÖEİ).



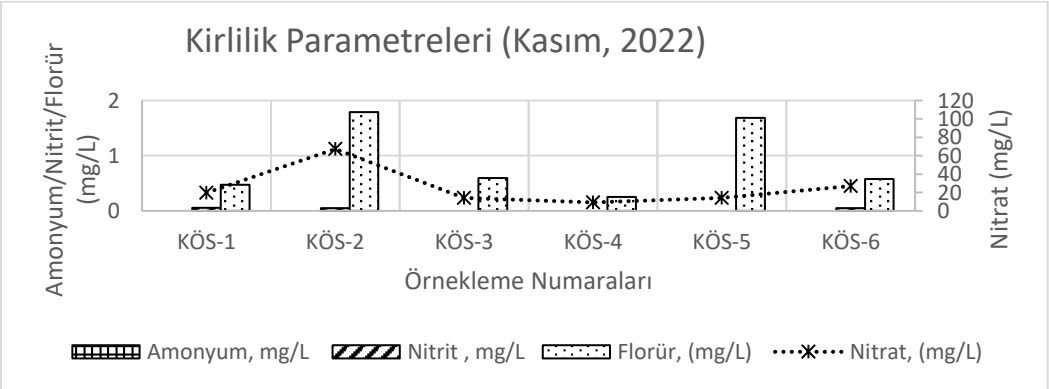
Şekil 6.8. İnceleme alanındaki Kasım 2022 dönemine ait su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında gösterimi (EC (µS/cm, 25°C)=ÖEİ).

6.1.3 Suların kirlilik ve sağlık açısından değerlendirilmesi

İnceleme alanındaki suların kirlilik parametrelerini karşılaştırmak için Çizelge 6.1'den yararlanılarak Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 oluşturulmuştur. Buna göre, sularda amonyum **(NH_4),** nitrit **(NO_2)**, nitrat **(NO_3)** ve florür **(F)** kirliliği çoğu örnekleme noktalarında dikkati çekmektedir ve Çizelge 6.1 de TS-266 (2005) standart değerlerini aşan konsansantrasyonlarda kalın ve altı çizili gösterilmiştir. Kasım-2022 örneklerinde Mart-2022 örneklerine göre bazı örnekleme noktalarında (KÖS-1 ve KÖS-2), NO_3 konsantrasyonunda azalma dikkati çekmektedir. Bunun nedeni olarak tarımda kullanılan gübre miktarıyla ve mevsimsel olarak kurak dönemde beslenmenin de azalmasıyla ilişkili olarak yeraltına süzülen yüzey sularının içerdiği NO_3 konsantrasyonunun azalmasına bağlı olarak kaynak sularındaki bu değişimi gösterdiği düşünülmektedir.



Şekil 6.9. İnceleme alanındaki suların Mart (2022) dönemine ait kirlilik parametrelerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.10. İnceleme alanındaki suların Kasım (2022) dönemine ait kirlilik parametrelerinin karşılaştırılması.

Florür konsantrasyonu, Mart (2022) döneminde KÖS-1, Mart ve Kasım (2022) döneminde KÖS-2 ve KÖS-5 (jeotermal) sularında TS-266 (2005) standartı değeri olan 1 mg/L değerini aşmıştır (Şekil 6.9 ve Şekil 6.10). Yeraltısuları dolaşım yaptığı esnada volkanik kayalar, jeotermal kaynaklar, mika mineralleri (sirolit, florit, flor apatit) ile etkileşiminden dolayı yüksek florür konsantrasyonlarına sahip olmaktadırlar (Varol ve diğ., 2008). Florür konsantrasyonunun günlük alınan florür miktarının güvenlik eşiğini uzun süre aşacak olursa florozis olarak bilinen kronik florür zehirlenmesi ortaya çıkmakta ve bunun sonucu olarak dişlerde, iskelet sisteminde, karaciğer, böbrek, kalp, gastrointestinal sistem ve endokrin sistemde patolojik değişikliklerin oluştuğu bilinmektedir (Varol ve Varol, 2010). Florür değeri, 0,5 mg/L'den az olduğunda diş hassasiyetine yol açmaktadır, F değeri 0,5–1,5 mg/L aralığında diş çürümelerine karşı korur ve diş sağlığına yararlıdır, 1,5–4 mg/L aralığında diş florosis hastalığına sebep olabilmekte ve 4-10 mg/L aralığında diş ve iskelet sisteminde florosis hastalıklarına neden olabilmektedir (Dissanayake, 2001). İnceleme alanındaki KÖS-2 ve KÖS-5 (jeotermal) kaynaklarda 1,5 mg/L florür değerini aşmakta olup florozis hastalığı nedeniyle dişlerde kararmalara neden olabilecek potansiyele sahip olabileceği ve KÖS-4 kaynağında ise düşük florür konsantrasyonundan dolayı diş hassasiyetine neden olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 6.1, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10).

Amonyum ve nitrit değeri genellikle içme sularında istenmeyen parametre olmasına karşın, inceleme alanında bazı su örneklerinde dönemsel olarak TS-266 (2005) standart değerini geçmesi sularda kirlenmelerin olduğunu göstermektedir. Nitrat değerleri de bazı su örneklerinde TS-266 (2005) standart değerini aşmıştır. Bu durumun nedeni olarak tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrenin yeraltısularına karışması olabilir (Çizelge 6.1, Şekil 6.9 ve Şekil 6.10). Mavi Bebek Sendromu olarak bilinen Methemoglobinemia hastalığına yakalanma nadir olsa da kuyu sularında 10 mg/L'nin üzerinde nitrata maruz kalan bebekte sağlık sorunu oluşabilir (Johnson, 2019). Dönemsel olarak nitrat değerleri KÖS-1, KÖS-2 ve KÖS-6 da TS-266 (2005) standart değerini aşmıştır.

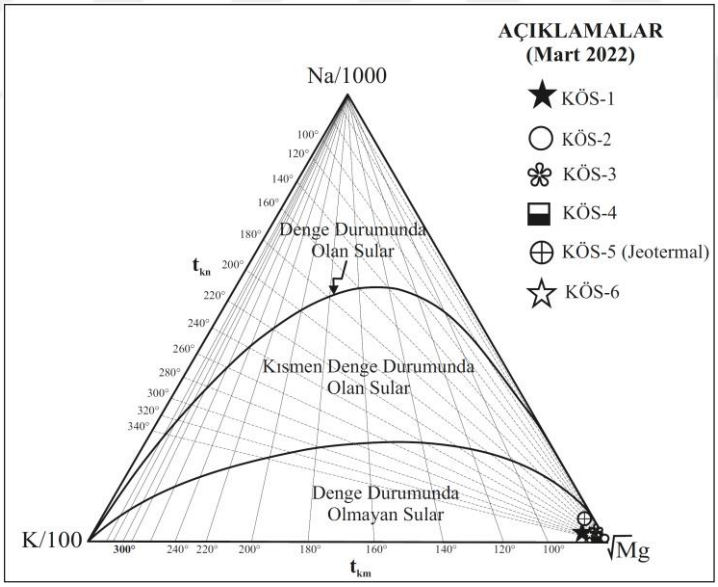
Arsenik, insan sağlığı için kanser gibi ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Birleşik Devletler'de arsenik içeren suyun 50 µg/L düzeyinde 1 L/gün olarak ömür boyu içilmesinden kaynaklanan akciğer, karaciğer ve idrar kesesi kanserinden ölüm riski ortalama ‰ 13 civarında belirlenmiştir (Smith ve diğ., 1992). İnceleme alanındaki su örneklerinin iz element analiz sonuçlarına göre KÖS-5 (jeotermal) ve KÖS-6 örnekleme noktalarında TS-266 (2005) standartı (10 µg/L) üzerinde Arsenik değerlerine rastlanılmıştır. Çizelge 6.2'de

iz element analiz sonuçlarına göre sadece arsenik değeri TS-266 (2005) standart değerini aşmıştır.

6.1.4 Hidrojeotermometreler

Hidrojeotermometreler, rezervuardaki suyun sıcaklığını tahmin etmek için kullanılan çeşitli hesaplamalardan (katyon, silisyum ve izotop jeotermometreler gibi) oluşmaktadır. Bu çalışmada, özellikle tek jeotermal kaynak suyu olan KÖS-5 için katyon ve silisyum jeotermometrelerle hesaplamalara yer verilmiştir. Sadece KÖS-5 jeotermal kaynağın sıcaklığı yaklaşık 20 °C olup, Mart-2022 döneminde yüksek sıcaklıklar hesaplanmadığından Kasım-2022 döneminde tekrar hidrojeotermometre hesaplamalarına yer verilmemiştir.

Giggenbach (1988) üçgen diyagramında, katyon jeotermometre eşitliği incelenen jeotermal ve soğuk suların Na, K ve Mg değerlerine göre denge durumunda olmayan sular bölgesinde yer almaktadır (Şekil 6.11). Bu nedenle katyon jeotermometreler ile hesaplanan sonuçların yeterince güvenilir olmayacağı için bu jeotermometrelerle hesaplanan değerlere şüphe ile bakılacağından katyon jeotermometre hesaplamasına yer verilmemiştir.



Şekil 6.11. Giggenbach (1988) diyagramında, inceleme alanındaki Mart (2022) dönemine ait su örneklerinin gösterimi.

Silis jeotermometresi ile incelenen jeotermal su örneğinin (KÖS-5) hidrojeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.4'teki referanslardaki hesaplamalarda kullanılarak rezervuarın muhtemel sıcaklık aralığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 6.4. Silis jeotermometreleri için sıcaklık eşitlikleri (S= SiO_2, mg/L) ve KÖS-5 (jeotermal) su örneğinin jeotermometre sonuçları.

No	Jeotermometre Türü	Jeotermometre Eşitliği (t=°C)	Referansı	KÖS-5 Muhtemel Rezervuar Sıcaklığı (t=°C)
1	Kuvars	t=-42.198+(0.28831*S)-3.6686*10^{-4}*S^2+3.1665*10^{-7}*S^3+77.034* logS	Fournier ve Potter (1982)	**31**
2	Kuvars (buhar kaybı yok)	t=(1309/(5.19-logS))-273.15	Fournier (1977)	**34**
3	Kuvars (100°C'de Maksimum buhar kaybı)	t=(1522/(5.75-logS))-273.15	Fournier (1977)	**42**
4	Kalsedon (buhar kaybı yok)	t=(1032/(4.69-logS))-273.15	Fournier (1977)	1
5	Kalsedon (buhar kaybı yok)	t=(1112/(4.91-logS))-273.15	Arnorsson ve diğ. (1983)	6

KÖS-5 (jeotermal) su örneğinin silis jeotermometre hesaplamasında olası rezervuar sıcaklığının 31-42 °C aralığında hesaplanırken kalsedon jeotermometreleri ile kaynak suyunun sıcaklığından daha düşük değerler elde edildiğinden anlamlı sonuç üretemediğinden dikkate alınmamıştır.

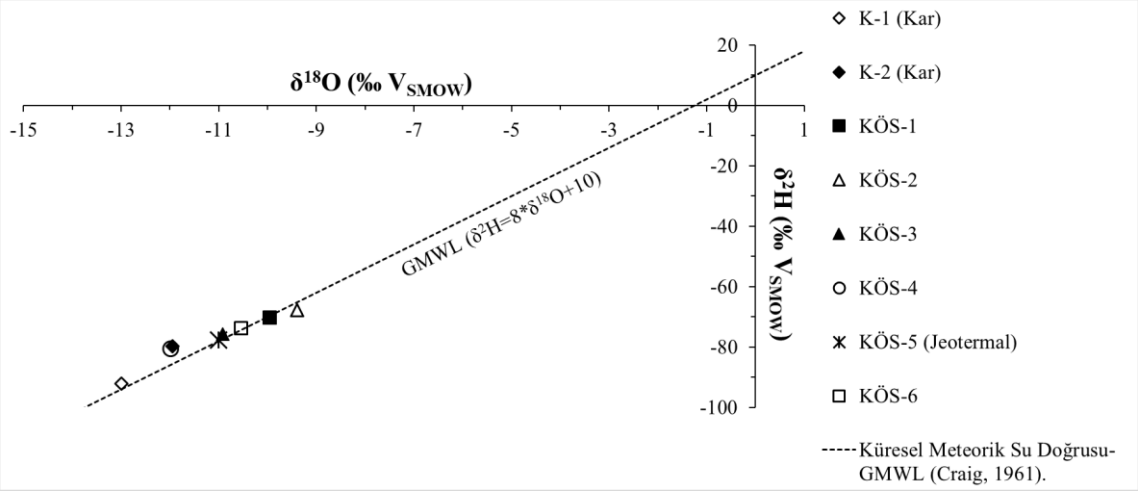
6.1.5 İzotoplar

İnceleme alanındaki suların izotop ($\delta^{18}O$ (‰), $\delta^{2}H$ (‰) ve ^{3}H (TU)) analizleri yapılarak sularının kökeni, beslenme yükseltisi ve dolaşım süresi hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6; Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15 ve Şekil 6.16).

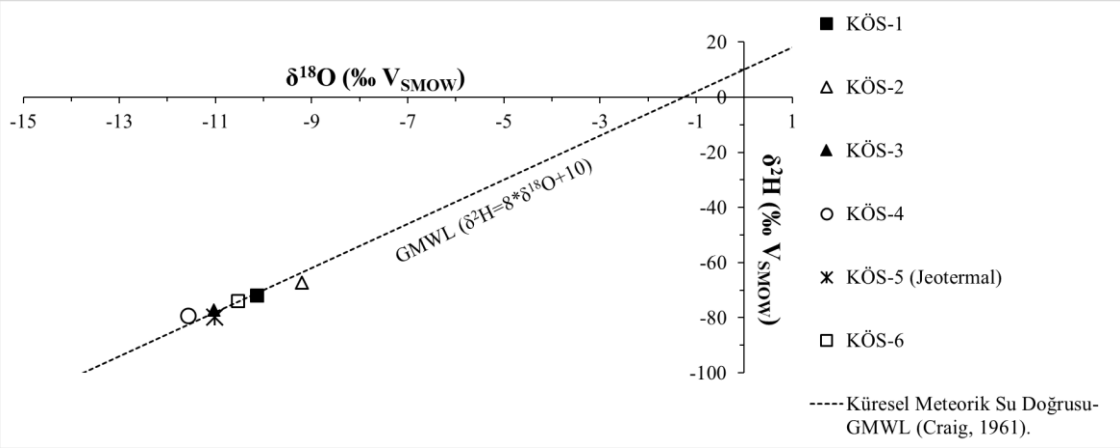
Hidrojenin radyoaktif (duraysız) izotopu olan trityum (^{3}H), 12.43 yıl yarılanma ömrüne sahip olup sulardaki trityum miktarı, trityum birimiyle (TU= 10^{18} hidrojen atomuna (^{1}H) karşılık gelen bir ^{3}H atom) ifade edilmektedir (Clark ve Fritz, 1997).

Çizelge 6.5. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının gösterimi.

Dönem	Örnekleme Adı	$\delta^{18}O$ (‰)	$\delta^{18}O$ Standart Sapma (‰)	$\delta^{2}H$ (‰)	$\delta^{2}H$ Standart Sapma (‰)	Boşalım Kotu (m)
Mart 2022	KÖS-1	-9.96	0.06	-70.15	0.46	790
	KÖS-2	-9.40	0.07	-67.84	0.45	880
	KÖS-3	-10.92	0.06	-75.67	0.46	960
	KÖS-4	-11.98	0.06	-80.73	0.45	884
	KÖS-5 (Jeotermal)	-11.00	0.04	-77.71	0.52	889
	KÖS-6	-10.54	0.03	-73.79	0.52	980
	K-1 (Kar)	-13.00	0.05	-92.13	0.53	1510
	K-2 (Kar)	-11.95	0.05	-79.84	0.52	1430
Kasım 2022	KÖS-1	-10.14	0.04	-71.92	0.74	790
	KÖS-2	-9.20	0.04	-67.33	0.72	880
	KÖS-3	-11.03	0.06	-77.32	0.73	960
	KÖS-4	-11.55	0.04	-79.52	0.72	884
	KÖS-5 (Jeotermal)	-11.02	0.04	-79.78	0.72	889
	KÖS-6	-10.53	0.05	-74.04	0.72	980



Şekil 6.12. İnceleme alanındaki suların Mart 2022 dönemine ait $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının Küresel Meteorik Su Doğrusu (Craig, 1961) ile beraber gösterimi.

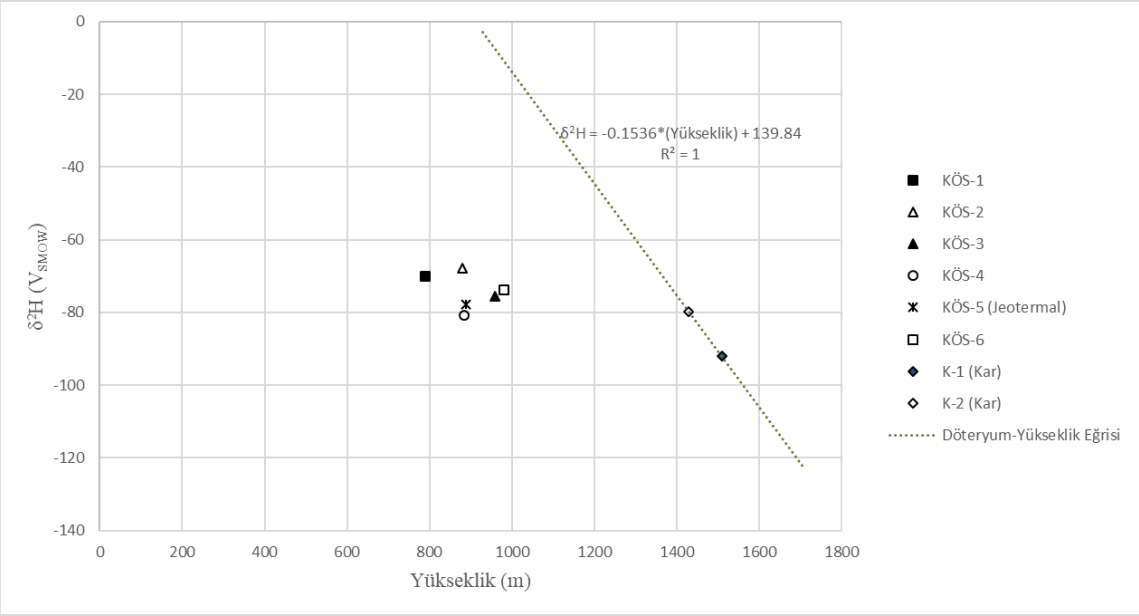


Şekil 6.13. İnceleme alanındaki suların Kasım 2022 dönemine ait $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) analiz sonuçlarının Küresel Meteorik Su Doğrusu (Craig, 1961) ile beraber gösterimi.

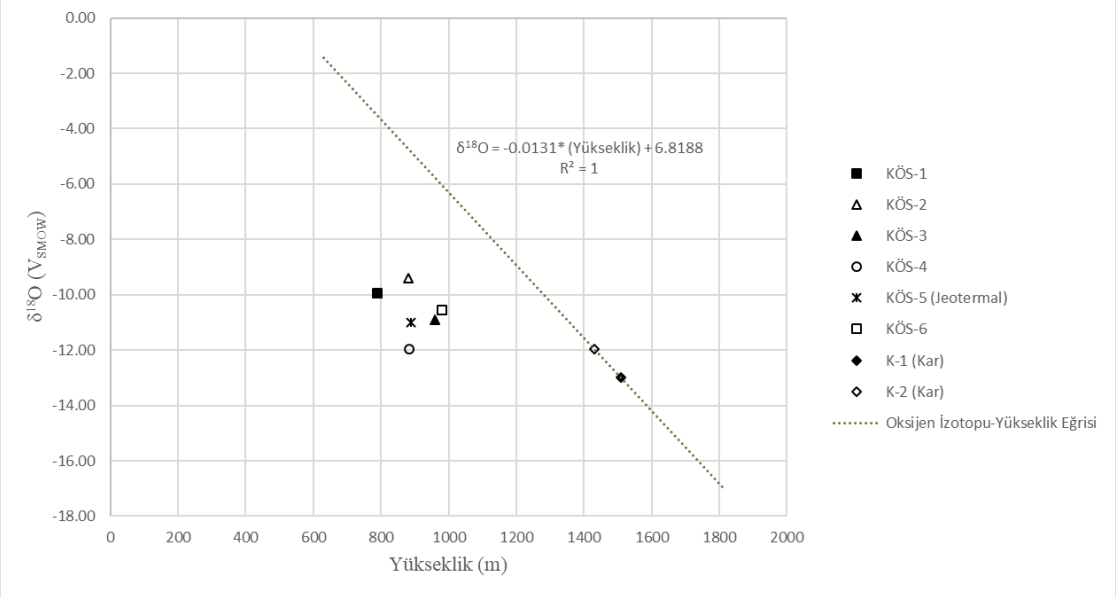
İnceleme alanındaki suların Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te görüldüğü gibi $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) izotop değerlerinin Küresel Meteorik Su Doğrusu (Craig, 1961) etrafında dizilmiştir. Buna göre, inceleme alanındaki suların meteorik kökenli olduğunu gösterir.

İnceleme alanındaki kaynak sularına ait $\delta^{2}H$ (‰)-yükseklik ve $\delta^{18}O$ (‰)-yükseklik değerleri arasında anlamlı bir ilişki kurulamadığından çalışma sahasının içerisinde bulunmayan beslenme kotları elde edildiğinden değerlendirmede sadece kar örnekleri ile oluşturulan eğriler dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. İnceleme alanındaki kar örneklerine ait $\delta^{2}H$ (‰)-yükseklik ve $\delta^{18}O$ (‰)-yükseklik ilişkisine oluşturulan eğrilere göre KÖS-5 jeotermal kaynağının tahmini beslenme yükseltisi 1360-1416 m olarak hesaplanmış olup, bu yükselti aralığına göre yeraltısuyu beslenmesinin inceleme alanının güneydoğusundaki yükseltilerden olabileceği anlaşılmaktadır (Şekil 6.14 ve Şekil 6.15).

İnceleme alanından toplanılan su örneklerinin trityum analiz sonuçlarına ait değerler Çizelge 6.6'da verilmiştir. Jeotermal suda (KÖS-5) 1.72±0.66 TU iken soğuk su kaynaklarında (KÖS-1, KÖS-2, KÖS-3, KÖS-4 ve KÖS-6) 4.51-5.95 TU aralığında değişen trityum değerlerine göre, jeotermal suyun soğuk sulara göre daha derin dolaşımlı olabileceği ve güncel yağışlardan fazla etkilenmediğine işaret edebilir. Soğuk su kaynaklarının ise sığ dolaşımlı ve güncel yağışlardan beslendiği düşünülebilir.



Şekil 6.14. İnceleme alanındaki suların δ^2H (‰) analiz sonuçlarının yükseklik (m) ile arasındaki ilişkileri (KÖS-5 kaynağına ait beslenme yükseltisi 1416 m hesaplanmıştır).



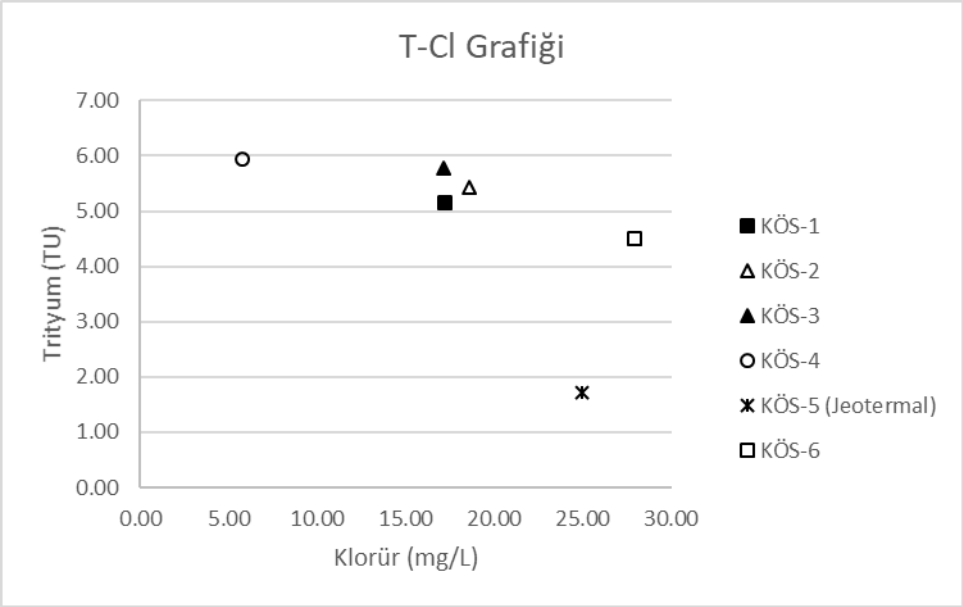
Şekil 6.15. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ (‰) analiz sonuçlarının yükseklik (m) ile arasındaki ilişkileri (KÖS-5 kaynağına ait beslenme yükseltisi 1360 m hesaplanmıştır).

İnceleme alanındaki su örneklerinin ^3H (TU) ve Cl (mg/L) içerikleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde alansal olarak yeraltısuyunun güneyden kuzeye (jeotermal kaynağa) doğru Cl (mg/L) iyon konsantrasyonları artmakta iken ^3H (TU) değerlerinde azalma olduğu

belirlenmiştir (Şekil 6.16). Bu durum, rezervuardaki yeraltısuyu beslenmesinin güneyden kuzeye doğru olabileceği hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki suların ^{3}H analiz sonuçlarının gösterimi.

Örnekleme Adı	Deney Standardı	Ölçülen ^{3}H Değeri	Belirsizlik (±)	Birim
KÖS-1	IAEA	5.15	0.79	TU
KÖS-2	IAEA	5.43	0.80	TU
KÖS-3	IAEA	5.78	0.81	TU
KÖS-4	IAEA	5.95	0.79	TU
KÖS-5 (Jeotermal)	IAEA	1.72	0.66	TU
KÖS-6	IAEA	4.51	0.75	TU



Şekil 6.16. İnceleme alanındaki suların ^{3}H-Cl dağılımı.

7 İNCELEME ALANININ HİDROJEOLOJİSİ

İnceleme alanındaki jeolojik birimlere göre hidrojeolojik değerlendirmede kireçtaşlarının (Kızılcın Kireçtaşı Üyesi-TRdki ve Carcurum Formasyonu-JKac) kırık çatlaklı olması rezervuar olma potansiyeli olduğunu, inceleme alanındaki alüvyonun geçirimliliği ve iletimliliği yüksek olmasından dolayı akifer olma potansiyelinin olduğu ve magmatik kayaçların (Hamidiye Volkanik Üyesi-TRdh) kırık/çatlak zonlarının da rezervuar olma potansiyeli vardır. İnceleme alanının güneyindeki ofiyolitik kayaçlar (Artova Ofiyolitli

Karışığı-Ka) ise su tutmayan birim olan aküfüjden oluşmuştur. Killi kumlu birimler ise akitard özelliği gösterebilmektedir.

Hidrojeokimyasal ve izotop verileri ışığında KÖS-5 (jeotermal) kaynağı kavramsal model olarak açıklanırsa; inceleme alanının güneydoğusundaki 1360-1416 m kotlarından bir beslenmenin olabileceği rezervuar kayanın kireçtaşlarından oluştuğu düşünülmektedir. Isı kaynağı olarak da jeotermik gradyan ile birlikte inceleme alanındaki volkanik kayaçların derinlerdeki ısı kütlesinin olabileceği düşünülmektedir.

8 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, inceleme alanında hidrojeokimyasal ve izotopik incelemelerin olmaması nedeniyle bu alanda yapılacak hidrojeolojik ve jeokimyasal çalışmalara temel oluşturacaktır.

İncelemeden elde edilen sonuçları şu şekilde sıralanabilir:

Yarı logaritmik Schoeller ve Piper diyagramlarında jeotermal kaynak suyunda (KÖS-5) soğuk sularla benzer kimyasal bileşim görüldüğünden dolayı benzer kökenli olabileceği belirlenmiştir. KÖS-2 kaynak suyunun ise karışım suyu olabileceği belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki bazı sularda amonyum **(NH_4),** nitrit **(NO_2)**, nitrat **(NO_3)**, florür **(F) ve arsenik (As)** kirliliği dikkati çekmektedir. Özellikle jeotermal (KÖS-5) kaynak suyunda yüksek florür ve yüksek arsenik kirliliği nedeniyle balneolojik olarak kaplıca amaçlı kullanılması düşünüldüğünde standart değerlere düşürülmesi önerilmektedir.

Azotlu bileşiklerden kaynaklanan kirliliğin tarımsal alanda kullanılan gübrelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Özellikle, KÖS-2, KÖS-5 (jeotermal) ve KÖS-6 kaynakları sağlık açısından problem teşkil edebileceğinden standart değerlere düşürülmeden kullanılması önerilmemektedir.

"Wilcox Diyagramı" ve "ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı"na göre, KÖS-2 hariç (şüpheli-kullanılabilir) diğer kaynak suların genel olarak sulama için uygun olduğu belirlenmiştir.

KÖS-5 (jeotermal) su örneğinin silis jeotermometre hesaplamasında olası rezervuar sıcaklığının 31-42 ^oC aralığında hesaplanmıştır. Bu sıcaklığın kaplıca amaçlı kullanımı için yeterli olabilecek sıcaklığı gösterse de bazı kirlilik parametrelerinden (arsenik ve florür gibi) dolayı kaplıca amaçlı kullanımı önerilmemektedir.

İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}O$ (‰) ve $\delta^{2}H$ (‰) izotop değerlerinin Küresel Meteorik Su Doğrusu etrafında dizildiğinden bu suların meteorik kökenli olduğu tespit edilmiştir.

Jeotermal suda (KÖS-5) 1.72±0.66 TU iken soğuk su kaynaklarında (KÖS-1, KÖS-2, KÖS-3, KÖS-4 ve KÖS-6) 4.51-5.95 TU aralığında değişen trityum değerlerine göre, jeotermal suyun soğuk sulara göre daha derin dolaşımlı olabileceği ve güncel yağışlardan

fazla etkilenmediğine işaret edebilir. Soğuk su kaynaklarının ise sığ dolaşımlı ve güncel yağışlardan beslendiği düşünülebilir.

İnceleme alanındaki su örneklerinin ^{3}H (TU) ve Cl (mg/L) içerikleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde alansal olarak yeraltısuyu beslenmesinin güneyden kuzeye (jeotermal kaynağa) doğru olabileceği hakkında bilgi vermektedir.

İnceleme alanındaki kireçtaşları ve volkanik birimler rezervuar olma özelliği göstermektedir.

Hidrojeokimyasal ve izotop verileri ışığında KÖS-5 (jeotermal) kaynağı kavramsal model olarak açıklanırsa; inceleme alanının güneydoğusundaki 1360-1416 m kotlarından bir beslenmenin olabileceği rezervuar kayanın kireçtaşlarından oluştuğu düşünülmektedir. Isı kaynağı olarak da jeotermik gradyan ile birlikte inceleme alanındaki volkanik kayaçların derinlerdeki ısı kütlesinin olabileceği düşünülmektedir.

Elde edilen tüm sonuçlar hidrojeokimyasal ve izotopik inceleme açısından ilk olması açısından önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında, inceleme alanındaki suların dolaşım mekanizması kavramsal olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmalar, gelecekte yapılması planlanan jeokimyasal çalışmalara da temel oluşturabileceği düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki azotlu kirleticilerin kökensel araştırmasının detaylı belirlenmesi için azot izotop çalışmaları gelecekteki çalışmalarda yapılabilir.

Döteryum izotoplarıyla beslenme alanı yükseltisi ilişkisinin belirlenmesinde farklı kotlardan kar ya da yağış örneklerinin sayısının arttırılarak ayrıntılı bir hesaplama gelecekteki çalışmalarda yapılabilir.

9 KAYNAKLAR

Alp, D., 1972. Amasya Yöresinin Jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. Monografileri, İstanbul, 101 s.

Arnorsson, S. , Gunnlaugsson, E. ve Svavarsson, H., 1983. The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland. III. Chemical Geothermometry in Geothermal Investigations. Geochimica et Cosmochimica Acta, 47(3): 567-577.

Ateş, Ş. , Bulut Üstün, A. , Özata, A. , Kılıçdağı, R. , Utar, A. , Tuvar, O. , Nazik, L. , Osmançelebioğlu, R. , Akduman, L. ve Karakaya Gülmez, F., 2007. Yozgat İli ve Kentsel Alanların (İl-İlçe Merkezleri) Yerbilim Verileri, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdler Dairesi.

Aydin, H. , Karakuş, H. ve Mutlu, H., 2020. Hydrogeochemistry of Geothermal Waters in Eastern Turkey: Geochemical and Isotopic Constraints on Water-Rock Interaction. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 390: 1-18.

Baba, A. ve Sözbilir, H., 2012. Source of Arsenic Based on Geological and Hydrogeochemical Properties of Geothermal Systems in Western Turkey. Chemical Geology, 334: 364–377.

Burçak, M. , Üçer, A. , Arslan, G. , Arslan, S. , Yurtseven, D. , Yıldırım, N. , Dağıstan, H. , Karzaoğlu, H. ve Yücel, B., 2005. Yozgat-Saraykent (Karamağara) Alanı Jeotermal (Jeoloji-Jeofizik) Etüt Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 10886. MTA, Ankara.

Clark, I.D. ve Fritz, P., 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC press.

Craig, H., 1961. Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, 133(3465): 1702-1703.

Dissanayake, C.B., 2001. The Fluoride Problem in the Ground Water of Sri Lanka — Environmental Management and Health. International Journal of Environmental Studies, 38: 137-156.

Fournier, R., 1977. Chemical Geothermometers and Mixing Models for Geothermal Systems. Geothermics, 5(1-4): 41-50.

Fournier, R.O. ve Potter, R.W.I., 1982. A Revised and Expanded Silica (Quartz) Geothermometer. Geothermal Research Council Bulletin, 11(10): 3-9.

Giggenbach, W.F., 1988. Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52(12): 2749–2765.

Johnson, S.F., 2019. Methemoglobinemia: Infants at Risk. Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care, 49(3): 57-67.

Karakuş, H. ve Şimşek, Ş., 2013. Tracing Deep Thermal Water Circulation Systems in the E-W Trending Büyük Menderes Graben, Western Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 252: 38–52.

Ketin, İ., 1955. Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 6(1): 1-40.

Mutlu, H. ve Güleç, N., 1998. Hydrogeochemical Outline of Thermal Waters and Geothermometry Applications in Anatolia (Turkey). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85: 495–515.

Özcan, A. , Erkan, A. , Keskin, A. , Keskin, E. , Oral, A. , Özer, S. , Sümengen, M. ve Tekeli, O., 1980. Kuzey Anadolu Fayı- Kırşehir Masifi Arasının Temel Jeolojisi, M.T.A Ens. Raporu.

Özmutaf, M., 1988. Yozgat – Sarıkaya Kaplıcası Hidrojeoloji Etüdü MTA Derleme Raporu MTA, Ankara.

Özulukale, S. ve Şimşek, Ş., 2015a. Hydrogeochemical Assessment of Saraykent (Yozgat) Geothermal Waters, MÜHJEO'2015: Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, KTÜ, Trabzon, pp. 513-520.

Özulukale, S. ve Şimşek, Ş., 2015b. Hydrogeochemical Assessment of Akdagmadeni (Yozgat) Geothermal Waters, Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu ve Sergisi. TMMOB-JMO, ODTU Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, pp. 127-138.

Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union, 25(6): 914-928.

Schoeller, H., 1977. Geochemistry of groundwater. In 'Groundwater Studies–an International Guide for Research and Practice'.(Eds RH Brown, AA Konoplyantsev, J. Ineson, and VS Kovalevsky.) pp. 1–18. UNESCO: Paris, France.

Smith, A.H. , Hopenhayn-Rich, C. , Bates, M.N. , Goeden, H.M. , Hertz-Picciotto, I. , Duggan, H.M. , Wood, R. , Kosnett, M.J. ve Smith, M.T., 1992. Cancer Risks from Arsenic in Drinking Water. Environmental Health Perspectives, 97: 259-267.

Şener, Ş. ve Şener, E., 2021. Şefaatli (Yozgat) Doğusu Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelemesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(1): 126-138.

TS-266, 2005. İnsanî Tüketim Amaçlı Sular (Water Intended for Human Consumption) Standartı.

Varol, E. ve Varol, S., 2010. Çevresel bir Hastalık Olarak Florozis ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. TAF Preventive Medicine Bulletin, 9(3).

Varol, S. , Davraz, A. ve Varol, E., 2008. Yeraltı Suyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(4): 351-356.

Yücel, B. , Dağıstan, H. , Yıldırım, N. ve Karaman, S., 2001. Orta Anadolu (Kırşehir – Çiçekdağı Yozgat –Yerköy) Jeotermal Enerji Aramaları Etüt Raporu MTA Derleme raporu, 10462. MTA, Ankara.

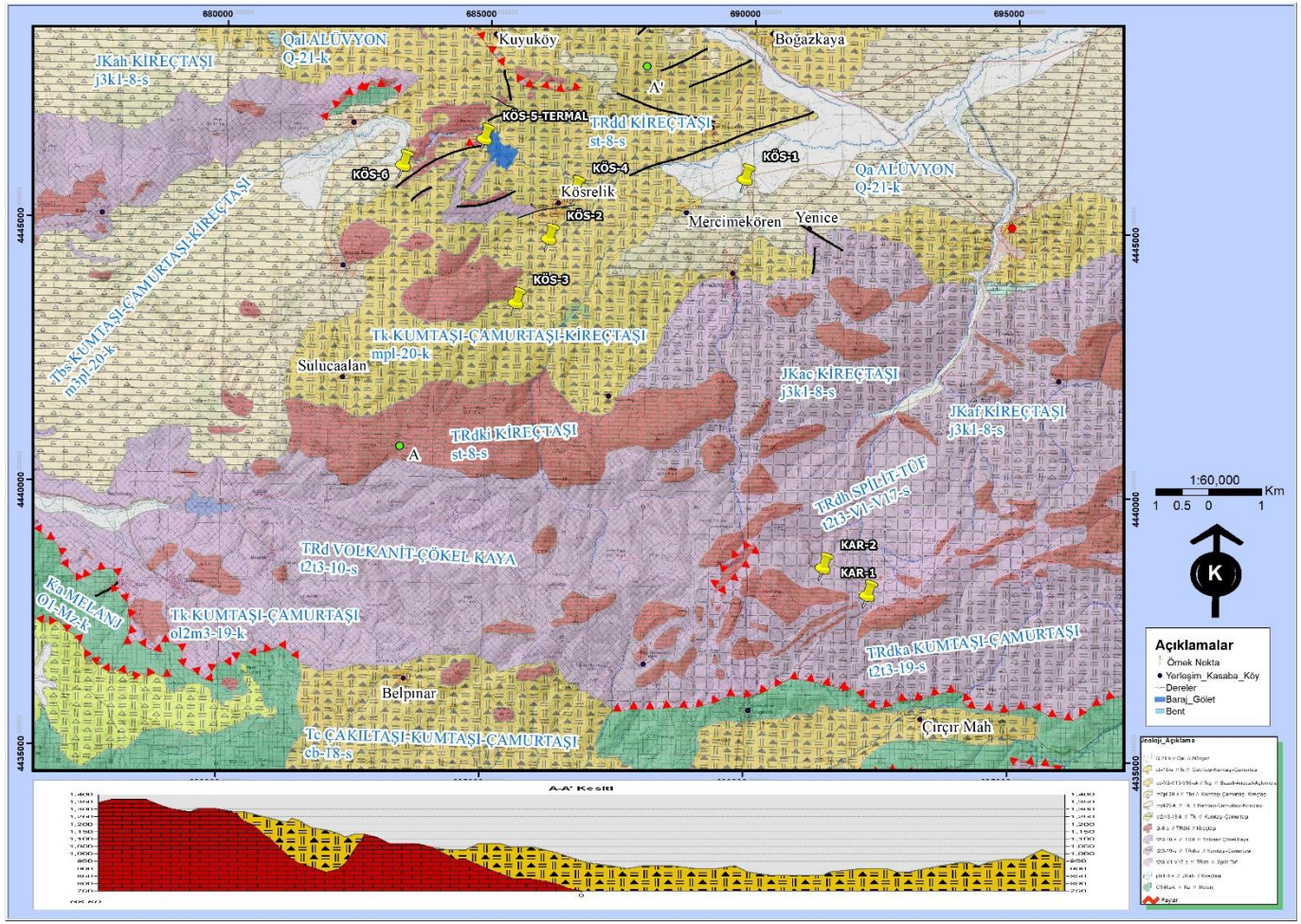
10 EKLER

EK-1. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (A-A’)

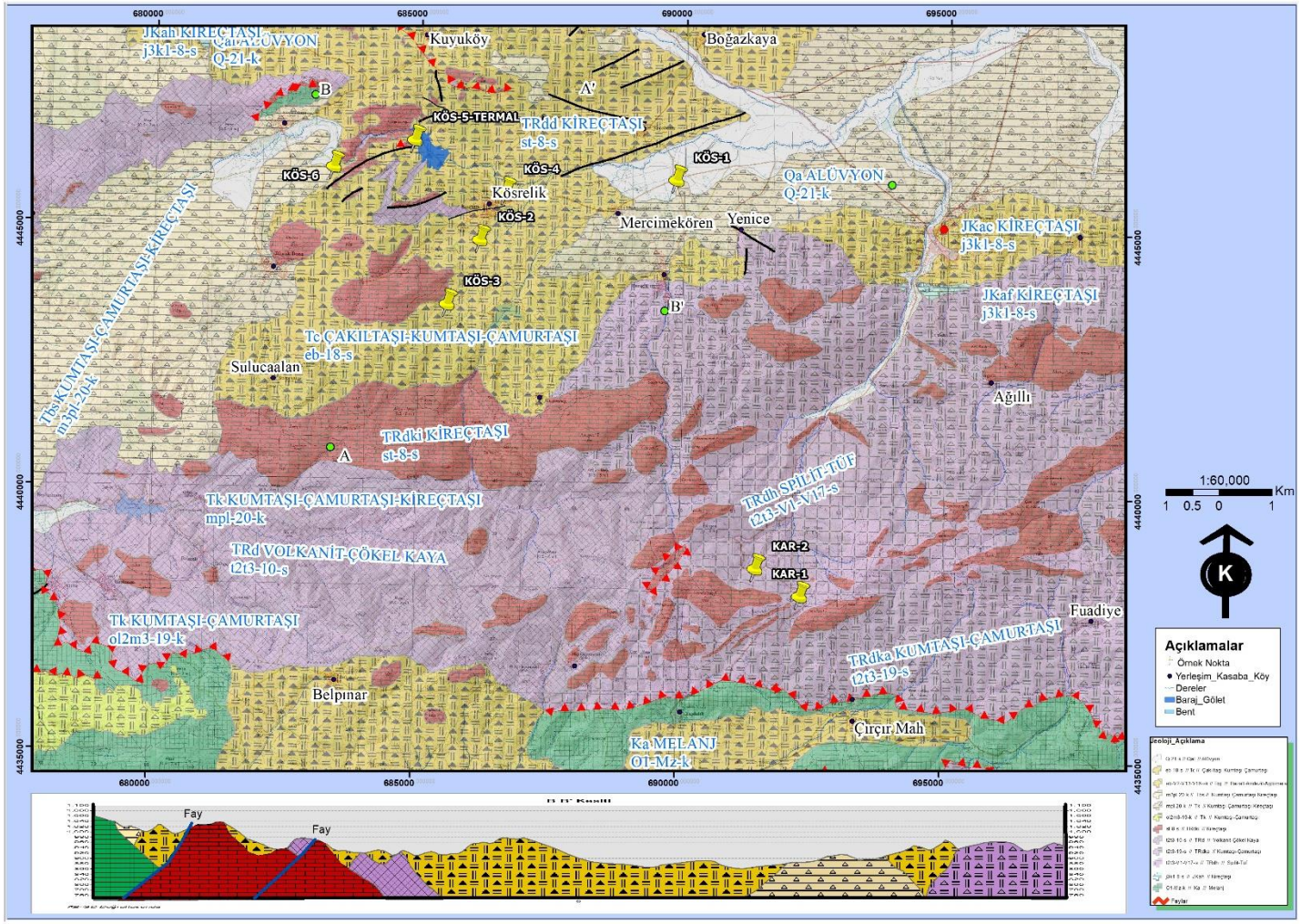
EK-2. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (B-B’)

EK-3. Kurum İzni (Meteorolojik Veriler)

EK-1. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (A-A')- Ateş ve diğ., (2007)'den değiştirilerek alınmıştır.



EK-2. Çalışma Alanının Jeolojik Haritası ve Kesiti (B-B')- Ateş ve diğ., (2007)'den değiştirilerek alınmıştır.



EK-3. Kurum İzni (Meteorolojik Veriler)

T.C.
YOZGAT VALİLİĞİ
Meteoroloji Müdürlüğü

Sayı : E-19264712-107-75239 08.06.2022

Konu : Rasat Bilgisi ve Bilgi İstekleri

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : Bozok Üniversitesi Rektörlüğü'nün 08.06.2022 tarihli ve sayılı yazısı.

İlgi dilekçe ile istediğiniz Aydıncık ilçemizin ölçümün yapıldığı 2014 - 2022 tarihlerine ait aylık yağış miktarları ile aylık ortlama sıcaklık verileri ekte gönderilmiştir.

Gereğini arz ederim

Asım DALMAN
Meteoroloji Müdürü V.

Ek: Aylık Yağış ve Sıcaklık Ortalamaları (2 Sayfa)

Dağıtım:

Gereği:
Bozok Üniversitesi Rektörlüğü ne
(Öğrenci İşleri Dairesi Başkanlığı)

Bilgi:
Veri Kontrol ve İstatistik Şube Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 0AB92030-E517-45A3-97CA-FB62C64BD06A Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr

Adres: Meteoroloji Müdürlüğü 66100 YOZGAT
Telefon: Tel/Faks: (0354) 212 11 86
Kep: meteorolojigenelmudurlugu@hs01.kep.tr

Bilgi için:Asım DALMAN
Meteoroloji Müdürü V.