



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

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÜZELYURT (AKSARAY) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLojİK
VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

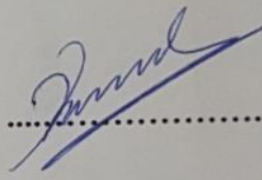
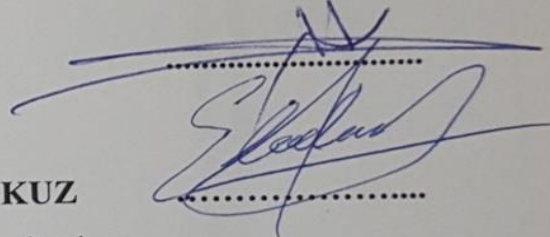
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hatice YÜKSELTÜRK**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI**

AKSARAY, 2017

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132302401 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Hatice YÜKSELTÜRK", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "GÜZELYURT (AKSARAY) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİK VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI	
	Aksaray Üniversitesi	
Jüri Üyeleri :	Prof. Dr. Hatim ELHATİP	
	Aksaray Üniversitesi	
Jüri Üyeleri :	Yrd. Doç. Dr. Uğur Erdem DOKUZ	
	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	

Teslim Tarihi: 29 Kasım 2017

Savunma Tarihi: 28 Aralık 2017

ÖNSÖZ

Su canlıların yaşamlarını sürdürmeleri için gerekli en önemli maddelerden biridir. Canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için kaliteli suya ihtiyaçları vardır. Son yıllarda endüstriyel alanlarda ve tarımsal faaliyetlerdeki kimyasal kullanımında ki artış, su kalitesini olumsuz etkilemeye başlamıştır. Su kaynaklarının çeşitli kirleticiler tarafından kirletilmesinden dolayı belirli aralıklarla mevcut su kaynaklarının kalitesinin değerlendirilmesi gerekir.

Türkiye'nin en önemli tarım şehirlerinden biri olan ve gelişmekte olan Aksaray İli sınırlarında yer alan Güzelyurt İlçesi ve çevresi için nüfus artışı, tarım ve endüstriyel faaliyetler suya olan talebi ve su kalitesi üzerindeki etkileri artıracaktır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının potansiyellerinin belirlenmesi, su kalitelerinin ortaya konması, son derece önemlidir.

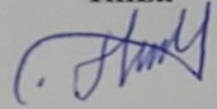
Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan "Güzelyurt (Aksaray) ve Çevresinin Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi" isimli tez çalışmasında inceleme alanında yer alan mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması, geliştirilmesi ve potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım. Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Hatice YÜKSELTÜRK

İmza



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana destek olup yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI'ya, tezimin başlangıcından bitimine kadar bana her zaman yardımcı ve destek olan, arkadaşım Mustafa ÜYÜMEZ'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Beni bu günlere getiren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	i
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.3 İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri	2
1.4 Önceki Çalışmalar	3
1.4.1 Jeolojik çalışmalar.....	3
1.4.2 Hidrojeolojik çalışmalar.....	5
2. MATERYAL ve METOD.....	9
2.1 Literatür Çalışmaları.....	9
2.2 Arazi Çalışmaları.....	9
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	10
2.4 Büro Çalışmaları.....	11
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	12
3.1 Stratigrafi.....	14
3.1.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK).....	14
3.1.2 Kartal formasyonu	15
3.1.3 Mezgit formasyonu.....	16
3.1.4 Uzunkaya formasyonu.....	16
3.1.5 Göstük ignimbiriti	17
3.1.6 Selime tüfü	17
3.1.7 Kızılkaya ignimbiriti.....	19
3.1.8 Hasandağı volkanitleri.....	20
3.1.9 Traverten.....	20
3.1.10 Tuzgölü formasyonu.....	21
3.1.11 Alüvyon.....	22
3.2 Yapısal Jeoloji.....	22

3.3 Kayaçların Hidrojeolojik Özellikleri.....	23
4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ.....	28
4.1 Suların Yerinde Ölçülen Parametrelerinin Değerlendirmesi.....	30
4.1.1 Hidrojen iyonu konsantrasyonu, pH	31
4.1.2 Elektriksel iletkenlik, EC	34
4.1.3 Toplam çözünmüş katı madde, TÇKM.....	36
4.1.4 Sertlik.....	37
4.2 Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri.....	38
4.3 Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	45
4.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması.....	51
4.5 Suların Sulama Suyu Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	53
4.6 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	56
5. JEOTERMOMETRE UYGULAMALARI.....	59
5.1 Kimyasal Jeotermometreler.....	59
5.1.1 Niteliksel (Kalitatif) kimyasal jeotermometre değerlendirmeleri	60
5.1.2 Sayısal (Kantitatif) kimyasal jeotermometreler ve değerlendirmeleri....	61
5.1.2.1 Çözünürlüğe bağlı jeotermometreler.....	61
5.1.2.2 İyon değişimine bağlı jeotermometreler.....	63
5.2 Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları	64
5.3 İnceleme Alanındaki Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hazne Kaya Sıcaklıklarının Hesaplanması	66
5.4 Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	71
5.4.1 Entalpi-Klorür karışım modeli değerlendirmeleri	71
5.4.2 Entalpi-Silis karışım modeli değerlendirmeleri	73
6. SONUÇLAR.....	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ÖZET

GÜZELYURT (AKSARAY) VE ÇEVRESİNİN HİDROJEOLOJİK VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışma kapsamında, Aksaray il sınırları içerisinde yer alan Güzelyurt ilçesi ve yakın çevresindeki içme, sulama ve kullanım amaçlı kullanılan önemli su kaynakları hidrojeokimyasal açıdan incelenmiştir. Çalışma alanı ve çevresi litodem ve litostratigrafi birimlerinden oluşur. İnceleme alanının temelini Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) olarak tanımlanan litodem birimleri oluşturur. Litostratigrafi birimleri ise karasal, gölsel ve volkanik çökellerden meydana gelmiştir.

Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde alınan su örnekleri üzerinde su kimyası analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kurak ve yağışlı örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (6.7 - 8.4) (6.7 – 7.9), elektriksel iletkenlik (EC) (154.0 - 3420) (131.9 - 2990) $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (119 - 2525) (113 – 2732), sertlik (53.7 – 1030) (78 -1419) mg/L arasında değişmiştir. Örnekleme dönemleri boyunca hakim katyon Ca^{+2} , hakim anyon ise HCO_3^- olarak gözlenmiştir. Suların tamamı CaHCO_3 fasiyes özelliğine sahiptir. Örnekleme dönemleri boyunca su fasiyes tipleri genel olarak aynı kalmıştır. Kurak dönemde Ca^{+2} ve Mg^{+} iyonları daha fazla çözünmüş ve baskın konuma geçmişlerdir. Sulara gözlenen katyon ve anyon içeriklerinin daha çok su kayaç etkileşimi ile baskın olarak zenginleştiği ve bu süreçte buharlaşma ve kristalizasyonun etkisinin az olduğu belirlenmiştir. İncelenen su kaynaklarının tamamında her iki örnekleme döneminde yapılan arsenik (As) ölçümlerine göre suların tamamında arsenik değerleri sınır değerlerin üzerinde ölçülmüştür.

Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı (NSSK) bölgenin en önemli jeotermal potansiyeline sahiptir. Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı diğer sulara oranla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahiptir ve kendinden daha genç daha soğuk yeraltı suları ile farklı oranlarda karışmıştır. Entalpi-Silis Karışım Modeli'ne göre saptanan sıcak su karışım oranı % 69 ile %76 arasında değişim gösterir. Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hazne kaya sıcaklıkları ise 94 -157 $^{\circ}\text{C}$ arasında hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güzelyurt, Hidrojeokimya, Su kimyası, Jeotermometre.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE GÜZELYURT (AKSARAY) AND ITS SURROUNDING AREAS

In this study, the important water resources used for covering drinking and irrigation demands in the Güzelyurt (Aksaray) were investigated in terms of hydrogeochemistry. The study area and its surroundings consist of lithodem and lithostratigraphic units. The basement of the study area is composed of the lithodem units defined as the Central Anatolian Crystalline Complex (OAKK). The lithostratigraphic units are characterised by terrestrial, lacustrine and volcanic deposits.

Chemical analyses of waters were performed for the samples collected during the May and September sampling periods. The result of physical and chemical analysis showed that the values of pH, electrical conductivity (EC), dissolved solid (TÇKM), and hardness, are range between 6.7- 8.4 and 6.7- 7.9, 154- 3420 and 131.9- 2990 $\mu\text{S/cm}$, 119- 2525 and 113- 2732 mg/L and 53.7- 1030 and 78- 1419 mg/L, respectively. The test of the results of the results showed that, the dominant cation is Ca^{+2} and the dominant anion is HCO_3^- for the sampling periods of May 2015 and September 2015. All water samples have CaHCO_3 facies. During this sampling period, the type of water facies is generally the same. Where in the arid period, The Ca^{+2} and Mg^{+} ions are more dissolved and are characterized as the dominant cations. Cation and anion contents were enriched by means of water-rock interaction and where as the effect of evaporation and crystallization is low in this process. According to arsenic (As) measurements that were carried out during both sampling periods, the arsenic contents of all water samples are above the limit values.

Narlıgöl hot and mineral water source is the most important geothermal potential of the region. Narlıgöl hot and mineral water source has longer water-rock interaction than other waters where the Narlıgöl hot and mineral water source is mixed at different rates with younger, cooler underground waters. The hot water mixing ratio determined by the Entalpi-Silica Mixing Model varies between 69% and 76%. The reservoir rock temperatures for Narlıgöl hot and mineral water source change between 94 to 157 °C.

Key words: Güzelyurt, Hydrochemical, Water chemistry, Geothermometer.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1:	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2:	İnceleme alanı ve çevresinin topoğrafik yükseklik haritası.....	3
Şekil 2.1:	Çalışmanın metodolojisi ve çalışma aşamaları.....	9
Şekil 3.1:	İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	13
Şekil 3.2:	Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası..	15
Şekil 3.3:	Göstük ignimbriti ve Uzunkaya formasyonu ilişkisi.....	17
Şekil 3.4:	Selime tüflerinden görünüm.....	18
Şekil 3.5:	Kızılkaya ignimbritleri.....	19
Şekil 3.6:	Yaprakhisar civarında gözlenen traverten yapısı.....	21
Şekil 3.7:	İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası.....	23
Şekil 3.8:	İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeoloji haritası.....	24
Şekil 3.9:	İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeolojik stratigrafik dikme kesiti.....	27
Şekil 4.1:	İnceleme alanında örnekleme noktaları ve konumları.....	28
Şekil 4.2:	Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait pH değerleri....	34
Şekil 4.3:	Örnekleme dönemlerine ait EC, sıcaklık ve TÇKM değerleri.....	35
Şekil 4.4:	EC ve TÇKM arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir grafik.....	37
Şekil 4.5:	Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.....	39
Şekil 4.6:	Eylül 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.....	39
Şekil 4.7:	İnceleme alanındaki suların Na^+/Cl^- grafiği.....	42
Şekil 4.8:	İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/SO_4^{-2} grafiği.....	42
Şekil 4.9:	İnceleme alanındaki suların Ca^{+2}/SO_4^{-2} grafiği.....	43
Şekil 4.10:	Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait $SO_4^{-2} - Cl^-$ grafiği.....	43
Şekil 4.11:	İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (a).....	44
Şekil 4.12:	İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (b).....	45
Şekil 4.13:	İncelenen suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.....	47
Şekil 4.14:	İncelenen suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.....	47
Şekil 4.15:	Narlığöl sıcak ve mineralli su kaynağı için zamansal iyon dağılım grafiği.....	48
Şekil 4.16:	Narlığöl sıcak ve mineralli su kaynağı için zamansal pH ve EC dağılım grafiği.....	49
Şekil 4.17:	İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.....	49

Şekil 4.18: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.....	50
Şekil 4.19: Eylül 2015 örnekleme dönemine ait doygunluk indisleri değerleri.....	52
Şekil 4.20: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait doygunluk indisleri değerleri.....	52
Şekil 4.21: Sulara ait Eylül 2015-Mayıs 2015 örnekleme dönemlerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.....	54
Şekil 4.22: Eylül 2015-Mayıs 2015 örnekleme dönemlerine ait Wilcox (1955) diyagramı.....	55
Şekil 5.1: Sıcaklık ($t^{\circ}\text{C}$) ve SiO_2 (mg/l) çözünürlüğünün grafiksel görünümü....	62
Şekil 5.2: Ziga ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynakları için Giggenbach (1988) Na-K-Mg jeotermometre diyagramı.....	66
Şekil 5.3: Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait SiO_2 ve hazne kaya sıcaklıklarının ortalama değerleri arasındaki ilişki.....	69
Şekil 5.4: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan ve modelden elde edilen hazne kaya sıcaklıkları arasındaki ilişki.....	71
Şekil 5.5: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için çizilen Entalpi -Klorür karışım modeli grafiği.....	73
Şekil 5.6: Ziga sıcak ve mineralli su kaynakları için çizilen Entalpi -Klorür karışım modeli grafiği.....	73
Şekil 5.7: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis karışım modeli grafiği.....	74
Şekil 5.8: Ziga sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis karışım modeli grafiği.....	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Örneklemeye dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.....	10
Çizelge 4.1: Örneklemeye noktalarını tanımlayıcı bilgiler.....	28
Çizelge 4.2: Örneklemeye dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.....	29
Çizelge 4.3: Örneklemeye noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin en az, en çok ve ortalama değerleri.....	30
Çizelge 4.4: Mayıs 2015 örneklemeye dönemine ait bazı fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerinin analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.5: Eylül 2015 örneklemeye dönemine ait bazı fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerinin analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.6: EC değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Güler, 1997).....	36
Çizelge 4.7: TÇKM değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Fetter, 1988).....	36
Çizelge 4.8: Sertlik değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Doğan, 1981).....	38
Çizelge 4.9: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örneklemeye dönemlerine ait iyon dizilimleri ve su tipleri.....	40
Çizelge 4.10: NSSK sıcak ve mineralli su kaynağına ait önceki dönem su kimyası analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.11: Suların Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örneklemeye dönemlerine ait doygunluk indisi değerleri.....	51
Çizelge 4.12: İnceleme kapsamındaki suların SAR, EC ve %Na değerleri.....	53
Çizelge 4.13: İnceleme alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması (US, 1954).....	54
Çizelge 4.14: İnceleme kapsamındaki sulara ait ağır metal analiz sonuçları.....	57
Çizelge 5.1: 1 litre suda çözünen deneysel silis miktarı (Fournier ve Potter, 1982).....	62
Çizelge 5.2: Hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında kullanılan referans ve SiO ₂ analiz değerleri.....	66
Çizelge 5.3: Farklı araştırmacılara göre jeotermometre bağıntıları ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynaklarının potansiyel hazne kaya sıcaklıkları.....	67
Çizelge 5.4: Farklı araştırmacılara göre jeotermometre bağıntıları ve Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının potansiyel hazne kaya sıcaklıkları.....	68
Çizelge 5.5: Regresyon analizinde kullanılan veriler.....	69

Çizelge 5.6:	Karışım modellerinde kullanılan sıcak ve mineralli sulara ait veriler.	72
Çizelge 5.7:	Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan karışım modellerine göre saptanan sıcak su karışım oranları.....	75
Çizelge 5.8:	Ziga sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan karışım modellerine göre saptanan sıcak su karışım oranları.....	76



SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrad derece
%	Yüzde
⁰ K	Kelvin derece
>	Büyüktür
<	Küçüktür
δ	%00 Binde
Σ	Toplam
meq/l	Miliekivalen/litre
mg/l	Miligram/litre
R	Düzeltilme katsayısı
R _T	Jeotermometrelerle hesaplanan ortalama hazne kaya sıcaklığı

KISALTMALAR DİZİNİ

IAH	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği
CBS	Coğrafi bilgi sistemi
EC	Elektriksel iletkenlik
Eh	Yükseltgenme – İndirgenme potansiyeli
ESR	Değişebilir sodyum oranı
EU	Avrupa Birliği
MI	Olgunlaşma indeksi
MTA	Maden Teknik Arama
OAKK	Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SCT	Portatif kondüktivite metre
SI	Doygunluk indisi
SRT	Sertlik
T	Sıcaklık
t	Zaman
TDS(TÇKM)	Toplam çözünmüş katı madde
TGFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

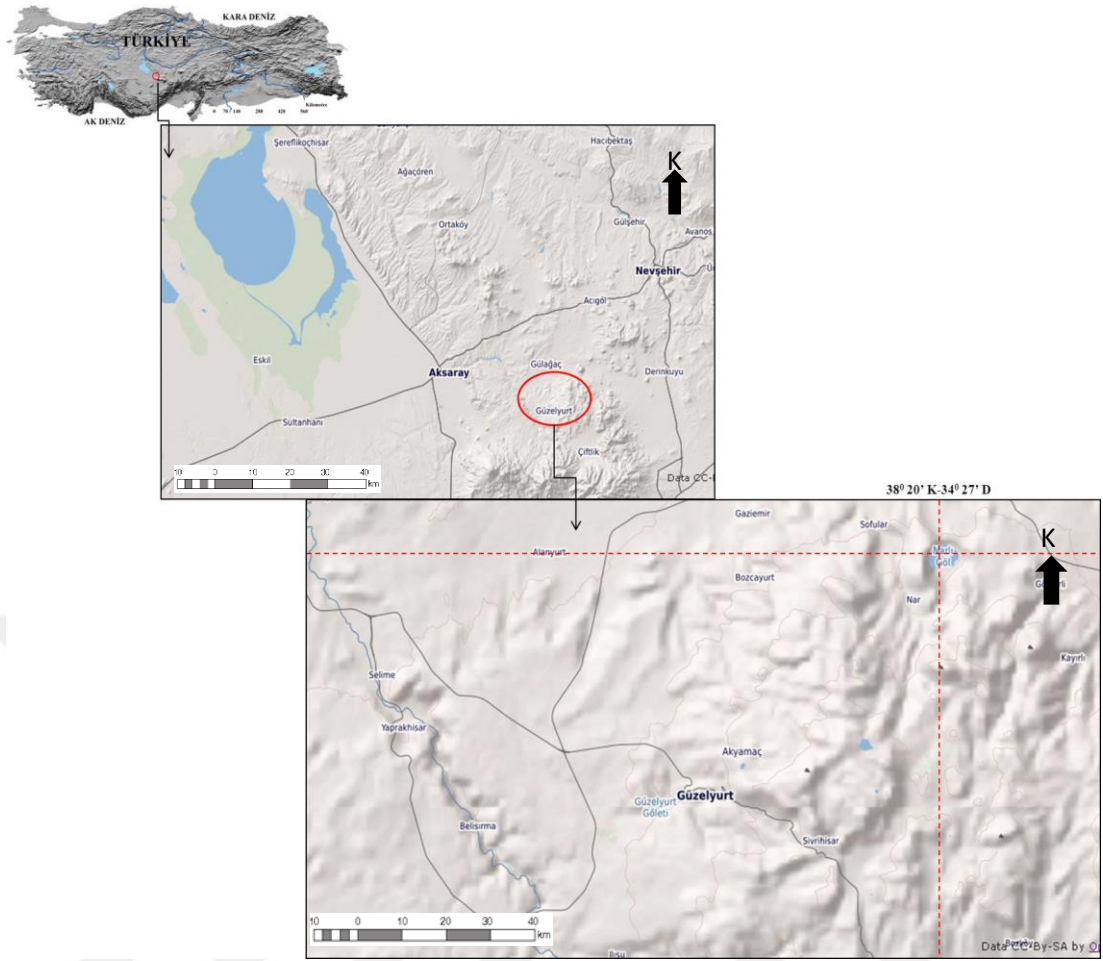
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Son zamanlarda, gerek nüfusun yoğun olarak artması gerekse endüstriyel alanlardaki hızlı değişim su kaynaklarının verimli kullanılması gerektiğini gözler önüne sermiştir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinin neden olduğu su kaynaklarındaki olumsuz değişimler tarımsal kayıplara neden olabildiği gibi insan sağlığını da ciddi olarak tehdit etmektedir. Endüstriyel büyüme ile birlikte doğan enerji açığı ise özellikle sıcak sulardan elde edilen elektrik enerjisini her geçen gün çok önemli bir hale getirmiştir. Günümüzde yeraltı suyu kaynaklarının daha verimli kullanımının sağlanabilmesi için su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin iyi bilinmesi, bu kaynakların sürekli denetim ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Sürekli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne sunulan bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Güzelyurt ve çevresinde yer alan su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin ve su kalitesinin tespit edilmesi, zamansal olarak hidrojeokimyasal değişimlerinin ortaya konulması ve ekonomik su potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma sayesinde özellikle içme ve sulama suyu olarak kullanılan düşük kalitedeki su kaynaklarının kullanılmasının yol açabileceği riskler azaltılabilecektir.

1.2 İnceleme Alanının Konumu

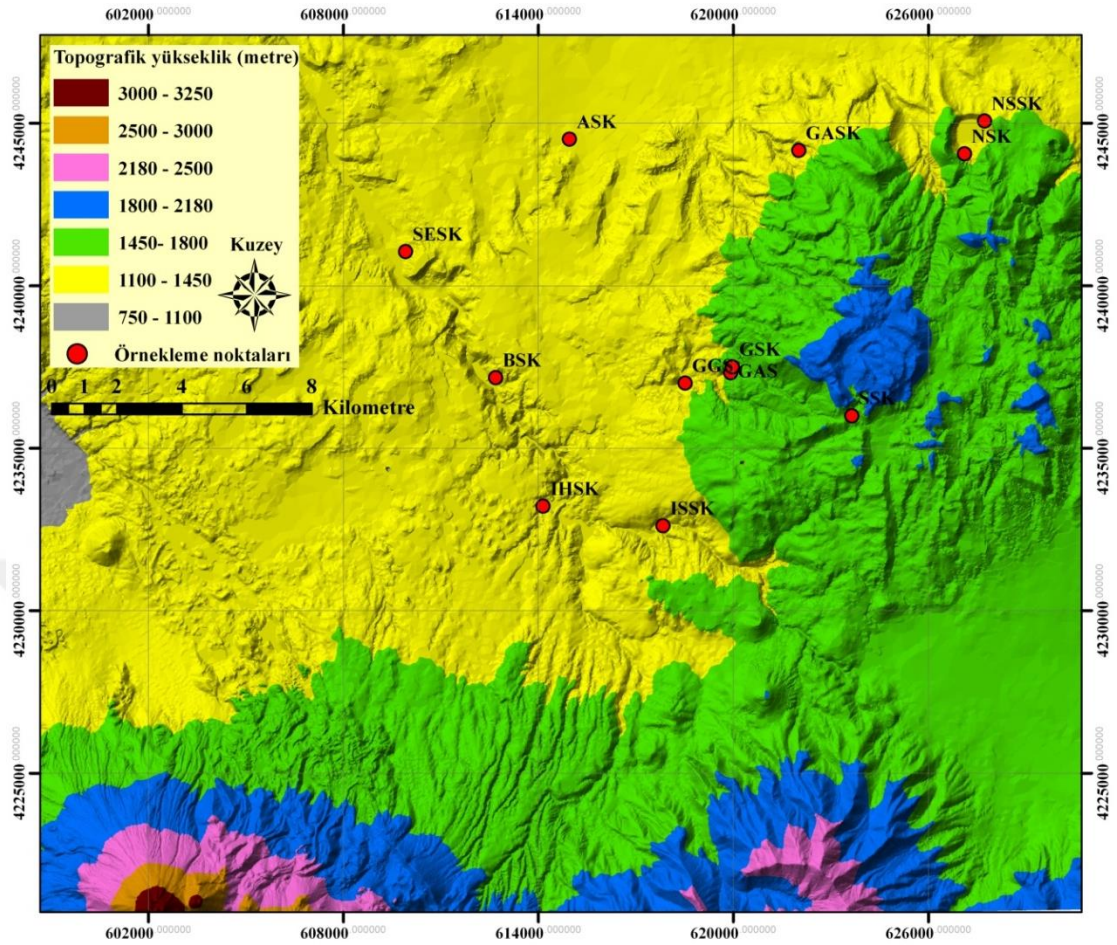
Aksaray, İç Anadolu bölgesinin orta kesiminde 33° - 34° doğu boylamları ile 38° - 39° kuzey paralelleri arasında yer alır (Şekil 1.1). Kuzeyde Ankara, güneydoğuda Niğde, doğuda Nevşehir, batıda Konya ve kuzeydoğuda Kırşehir illeri ile çevrilidir. Aksaray denizden yüksekliği 965 m, yüzey alanı ise 7626 km^2 olup, bölgenin en yüksek rakımı 3268 m, en düşük rakımı ise 905 m'dir. Aksaray İli'ne bağlı Güzelyurt ilçesi ise Kapadokya'nın güney bölümünde yer alır. İlçenin yüzölçümü 355 km^2 , rakım yüksekliği ise 1485 metre'dir (Şekil 1.2) (Anonim, 2011).



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

1.3 İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü'nün güneydoğu sınırında yer alan Aksaray'ın en önemli yükseltilerini Hasan dağı, Melendiz dağı ve Ekecik dağı gibi eski volkanik dağlar oluşturur. Bu dağlardan püsküren lavlar ve proklastik malzeme batıya doğru yayılarak plato ve ovaları oluşturmuştur. Aksaray'ın rakımı 900 ile 1100 metre arasında değişir. Güzelyurt ilçesi Hasandağı volkanizması ürünleri ile kaplı engebeli bir arazi üzerine kurulmuştur. İnceleme alanında iklim, tipik karasal iklimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar çoğunlukla kar şeklinde olup, yağış miktarı Türkiye ortalamasının altındadır. Gece ve gündüz sıcaklık farkları da oldukça fazladır. Yıllık yağış miktarı ortalama 240-260 mm arasında değişmektedir. Doğal bitki örtüsü oldukça fakir genellikle step görünümündedir ve daha çok kökü derine inmeyen ot ve bodur bitkiler görülür (Anonim, 2011).



Şekil 1.2: İnceleme alanı ve çevresinin topografik yükseklik haritası.

1.4 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanında, önceki araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Jeolojik çalışmalar; bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, jeodinamik evrimi ve tanımlanmasına yönelik olup, hidrojeolojik çalışmalar ise; bölgede hidrolojik, hidrojeokimyasal çalışmalar olmuştur.

1.4.1 Jeolojik çalışmalar

Lahn (1940), Koçhisar-Aksaray arasında bir fayın varlığından söz etmiş, yöredeki kayalar Hasandağı volkanik masifi, Pliyosen tatlı su çökelleri, Jipsli oluşuklar, plütonik kayalar ve mermerler olarak sınıflandırmıştır.

Buchardt (1954), Kırşehir ve Kızılırmak nehri arasındaki alanın 1/100.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır.

Okay (1954), Tuz Gölü ve Melendiz dağları arasında ki bölgenin jeolojisini incelemiş, volkano-sedimanter kayaçları sınıflandırmıştır.

Ketin (1963), Orta Anadolu Masifinin 1/500.000 ölçekli haritasını yapmış ve gabro ve granitlerin sokulum yaşının Kretase olduğunu saptamıştır.

Beekman (1966), Aksaray-Hasandağı arasındaki en ayrıntılı jeolojik çalışmalardan birini yapmıştır. Hasandağı bölgesinde ki volkanikleri haritalayarak başlıca tüf, tüfit, ignimbirit ve lav üniteleri şeklinde adlandırmıştır.

Kadıoğlu (1991), Ağaçören ve civarında yer alan magmatik kayaçları jeolojik, petrografik ve jeokimyasal açıdan incelemiş ve çalışma alanında yer alan Ağaçören granitoidini, oluşum sırasına göre, granit, porfiri granodiyorit ve alkali -feldispat granit olmak üzere üç farklı birim olarak sınıflamıştır.

Erler ve Bayhan (1995), Orta Anadolu Granitoidleri üzerinde yaptıkları çalışmada Orta Anadolu Granitoidlerinin oluşum yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar Orta Anadolu Granitoidleri ile ilgili temel sorunun, oluşum yaşı ve oluşum ortamı olduğunu da belirtmişlerdir.

Göncüoğlu vd., (1997), Aksaray ve çevresinde yaptıkları çalışmalarında Orta Anadolu Ofiyolitlerinin jeolojik özelliklerini incelemişler özellikle litodem birimlerini tanımlamışlardır ve kayaçları Orta Anadolu Metamorfikleri, Orta Anadolu Granitoidleri ve Orta Anadolu Ofiyolitleri olarak sınıflamışlardır.

Gevrek (1997), Ihlara ve Derinkuyu bölgesinde yer alan sedimanter kayaçları sedimantolojik açıdan incelemiş ve Hasandağı volkanizması hakkında önemli bilgiler sunmuştur.

Yeşilyurt (1999), Hasandağ batısı Kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisini incelemiş ve Hasandağ volkanitlerinin alt lav biriminin ojit-andezit ve bazaltik andezitten meydana geldiğini; üst lav biriminin ise temel olarak andezit ve bazaltik andezitten meydana geldiğini belirtmiştir.

Işık (2000), Ekecik, Mamasun, Yeşilhisar bölgeleri arasında kalan alanın jeolojisi, kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelemiştir.

Derman vd.,(2000) , "Şereflikoçhisar- Aksaray Fay Zonu' nun evrimi hakkında Yeni Jeolojik Veriler' isimli çalışmada fay zonunun evrimi hakkında bilgi vermişlerdir.

Güllü (2003), Aksaray ili doğusunda mostra veren magmatik kayaçların mineralojik, jeokimyasal ve petrografik ve özelliklerini incelemiş, inceleme alanında beş farklı litodem birimi sınıflamıştır.

Yıldızhan (2007), Aksaray ili merkezinde yer alan Holosen yaşlı çökellerin jeolojik ve jeoteknik açıdan özelliklerini incelemiş ve yapılaşma için uygun olan yerlerin tespiti için öngörülerde ve tavsiyelerde bulunmuştur.

Akkuş (2009), Keçikalesi volkanitlerini Hasandağı volkanitleriyle karşılaştırmıştır. Keçikalesi volkanik birimlerinin genelde bazaltik andezit ve andezit türünde kayalardan oluştuğunu ifade etmiştir.

Özcan (2009), Aksaray-Doğantarla arasında ki bölgede yer alan Üst Miyosen yaşlı jeolojik çökellerin sedimantolojik ve mineralojik olarak incelenmesi yapmış ve çalışmasında inceleme alanında yer alan paleotoprak ve kalıpların asidik volkanik kayalardan beslenmiş olabileceğini ifade etmiştir.

Yılmaz vd.,(2012), Selime tüfleri ve Kızılkaya ignimbiritlerinden oluşan peribacalarında meydana gelen aşınma miktarlarını araştırmış ve aşınma oranlarının yılda 2 mm'nin altında olduğunu saptamışlardır.

1.4.2 Hidrojeolojik çalışmalar

Yenal vd., (1975), inceleme alanı olan Aksaray ve çevresindeki sıcak ve mineralli suların uzun hatlar boyunca meydana çıkan çatlaklardan çıktığını ve bu suların sağlığa faydalı olduğunu ve romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılmaya uygun olduğunu söylemiştir.

Göçmez (1997), çalışmasında Aksaray ve çevresindeki sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal ve hidrojeolojik incelemesini yapmıştır. Soğuk su kaynaklarının sıcaklıklarının 16-19 °C arasında değiştiğini, Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının Ziga fay hattında farklı lokasyonlardan çıktığını, sıcaklıklarının 47-51 °C arasında değişmekte olduğunu belirtmiştir.

Doğdu (1995), Melendiz havzasında yer alan Melendiz akarsuyunun hidrokimyasal ve hidrojeolojik özelliklerini incelemiş ve gerekli çalışmaları yaparak bölgeye ait ortalama yağış, potansiyel ve gerçek buharlaşma-terleme ve akım değerlerini hesaplanmıştır. Elde edilen verilerle inceleme alanının hidrolojik bütçesini hesaplamıştır.

Afşin ve Baş (1996), Koçpınar kaynaklarını izotopik açıdan incelemişler ve su kaynaklarının kökensel yorumunu yapmışlardır. İncelenen suların karbondioksitçe zengin olduğunu ve ekonomik olarak da değerli olduğu yorumunu yapmışlardır.

Afşin (2000), Aksaray ilinin en önemli soğuk su kaynaklarından biri olan Helvadere tatlı su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik verileri kullanarak su kalitelerini

değerlendirmiş ve Helvadere tatlı su kaynaklarının içme suyu olarak kullanımına uygunluğunu ve kökensei durumunu incelemiştir.

Afşin ve Elhatip (2000), çalışmalarında Tuzlu su sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeolojik ve izotopik özelliklerini incelemiştir ve Tuzlu su su kaynağının, karbondioksit ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu ve bu suların sulama suyu sınıflandırma parametrelerine göre sulama suyu olarak kullanıma uygun olmadığını tespit etmiştir.

Kurmaç (2003), yüksek lisans tezi çalışmasında Melendiz akarsuyunun su kalitesini incelemiş ve evsel atıklardan olumsuz yönde etkilenen Melendiz akarsuyunun su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri sunmuştur.

Güllü (2003), Karasu ve Melendiz akarsularının Mamasun barajı su kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmış. Baraj gölünün su kalitesinin düşük olduğunu ve su kalitesinin iyileştirilmesi gerektiğini belirtmiş ve buna yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Özaydın (2004), Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesini incelemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre katı atık sahası çevresindeki alüvyonun yıllık yağışların etkisi ile beslendiğini, sahadan sızan suların alüvyon malzeme boyunca yatay ve düşey yönde ilerleyerek akifere kadar ulaştığını ve akiferi kirlendiğini belirtmiştir.

Çil (2004), Melendiz nehrinin Ilısu Kasabası'yla Kızılkaya Kasabası arasında kalan alanda yer alan suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini, su kalitesindeki değişimleri incelemiştir. Sonuçta akarsuyun birçok noktasal ve yaygın kaynak tarafından kirlendiğini belirtmiştir.

Burçak (2006), Aksaray jeotermal sahaları olan Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi jeotermal ısı kaynaklarını hidrojeokimyasal ve manyetotellürik çalışmalarla araştırarak bölgede yer alan jeotermal sistemlerin modellemesini yapmıştır.

Duru (2006), Ziga, Narlıgöl ve Tuzlu su sıcak ve mineralli su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik veriler kullanarak incelemiş ve suların meteorik kökenli sular olduklarını ifade etmiştir.

Aslan (2006), Aksaray ili içme sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiş ve ayrıca içme suyu standartlarına uygunluğunu incelemiş ve su kaynaklarının arıtma işleminden sonra içme suyu standartlarına uygun olduğunu ifade etmiştir.

Afşin vd., (2007), Aksaray ilinde yer alan sıcak ve mineralli sular ve travertenler jeolojik, hidrojeolojik, izotopik, tıbbî ve biyoiklimsel özellikleri açısından araştırılmış; çalışmada suların jeotermal enerji ve çevresel etkileri araştırılmıştır.

Karadavut (2007), Mamasun barajını besleyen Melendiz havzasında yer alan yüzey ve yeraltı sularını su kalitesi açısından incelemiştir. Yerleşim yerleri veya yakınlarından geçen suyun antropojenik etkilere bağlı olarak su kalitesinin düştüğünü ve kirliliğin arttığını ifade etmiştir.

Işık vd., (2008), Aksaray il sınırları içerisinde 62 farklı su kaynağından alınan numuneler üzerinde yaptıkları su kimyası çalışmalarında su kaynaklarını su kimyası, ağır metaller ve arsenik kirliliği açısından incelemişler, arsenik ve ağır metaller açısından risk taşıyan su kaynaklarını belirlemişler ve haritalamışlardır.

Kavurmacı vd., (2008), Aksaray ilinin yeraltı su kaynakları ve kaliteleri jeolojik ve hidrojeokimyasal açıdan incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda kaynakların sulama suyu kalitesi açısından genel olarak orta derecede tuzluluk ve düşük sodyumluluk kalite özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

Kavurmacı ve Demircioğlu (2009), Aksaray ili sınırlarında yer alan yüzeysel sulama ve içme suyu olarak kullanılan su kaynaklarının limnolojik özelliklerini hidrojeokimyasal verileri kullanarak belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında 12 gölet ve 2 baraj suyundan örnekler alınmış ve su kimyası özellikleri belirlenmiştir ayrıca su kaynakları sulama suyu açısından değerlendirilmiştir sulama suyu açısından risk taşımadıkları, kullanıma uygun oldukları belirtilmiştir.

Karadavut (2009), Aksaray ili yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarını su kimyası verilerini kullanarak sulama suyu kalitesi açıdan incelemiş ve su kaynaklarının tarımsal faaliyetlere etkisini araştırmıştır.

Kavurmacı vd., (2009), Aksaray ili yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının su kimyası parametreleri jeostatiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş ve su kalitelerinin örnekleme zamanlarına göre değişimlerini ortaya koymuşlardır.

Kavurmacı (2010), Aksaray ili yeraltı sularının korozyon etkililik dağılımını coğrafi bilgi sistemi kullanılarak belirlemiştir ve şehir merkezinde korozyon etkililere maruz kalabilecek riskli bölgeleri belirlemiştir.

Kavurmacı (2011), Tuz Gölü havzasının güneydoğu kesimindeki yeraltı sularında bulunan karbondioksitin örnekleme noktalarında ki dağılımını haritalamış ve yüksek karbondioksit içeren potansiyel bölgelerin Aksaray ilinin batısında yer aldığını tespit etmiştir.

Eroğlu (2012), Aksaray il merkezindeki yeraltı sularının su kalitesini ve kirlilik potansiyellerini incelemiş ve sulama ve içme suyu olarak sınıflamasını yapmıştır.

Bölgede yer alan suların sulama ve içme suyu olarak sorunsuz bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Demirel (2012), Ziga jeotermal sularını su kimyası verileriyle değerlendirmiş ve yeni sondaj ve reenjeksiyon kuyu noktaları için potansiyel yerler belirlemiş ve buna bağlı tavsiyelerde bulunmuştur.

Zengin (2014), Aksaray'ın önemli sıcak su kaynakları olan Ilısu, Ihlara, Narlıgöl, Tuzlu su ve Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelemiş su fasiyeslerini belirlemiştir. Analizler sonucunda Aksaray'daki jeotermal enerji kaynaklarının sıcaklıklarının bölgesel konut ısıtmasında kullanıma uygun olduğu ifade etmiştir.

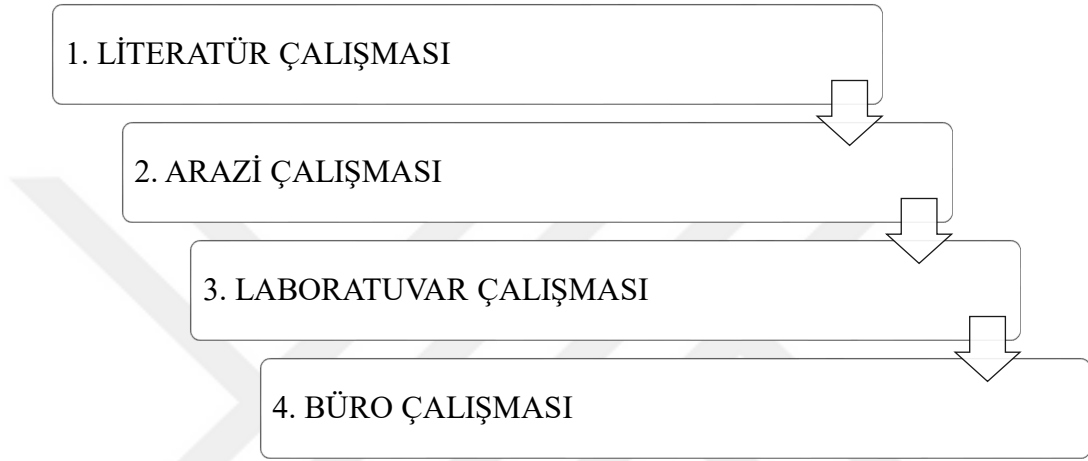
Kavurmacı ve Üyümez (2015), Aksaray ili içme suyu kaynaklarını hidrojeokimyasal açıdan değerlendirmişlerdir. İçme suyu kaynaklarının arsenik açısından risk içerdiğini, ekosistemi ve insan sağlığını tehdit ettiğini belirtmişlerdir.

Üyümez (2016), Aksaray ili içme suyu kaynaklarından olan Bağlıköy, Helvadere ve Mamasun barajının içme suyu özelliklerini hidrojeokimyasal olarak incelemiş, içme suyu kaynaklarının yüksek arsenik riski içerdiğini belirtmiştir.

Kavurmacı (2016), Eski ovasında yer alan yeraltı sularının su kalitesini hidrojeokimyasal veriler ile jeostatistik yöntemler kullanarak incelemiş ve Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini kirlettiğini ifade etmiştir.

2. MATERYAL ve METOD

Yüksek lisans tezi kapsamındaki yapılan çalışmalar, literatür, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört ana aşamadan oluşmuştur. Bu bölümde her aşamada yapılan işlemler anlatılmıştır.



Şekil 2.1: Çalışmanın metodolojisi ve çalışma aşamaları.

2.1 Literatür Çalışmaları

Literatür çalışmaları için inceleme alanı ve çevresinde önceki yıllarda yapılmış doktora ve yüksek lisans tez çalışmaları, TÜBİTAK ve diğer kurum raporları, makaleler incelenmiştir, literatür çalışmalarının özetleri çıkarılmıştır.

Toplanan veriler değerlendirilerek örnekleme noktalarının arazideki dağılımı ve su kimyası özellikleri gibi bilgiler tespit edilmiş ve örnekleme noktalarının yerleri belirlenerek arazi çalışmalarının alt yapısı hazırlanmıştır.

2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanının jeolojik, hidrojeolojik, topografik ve coğrafi özellikleri arazide incelenmiş gözlenen birimler fotoğraflanmıştır. Sonraki aşamada hidrojeolojik ve jeolojik haritaları güncellenmiş, su örnekleme noktaları kesinleştirilmiş ve su kimyası analizleri için örnekleme dönemlerini belirlenmiştir.

Örnekleme çalışmaları için 12 adet içme, sulama ve kullanım suyu olarak kullanılan su kuyusu seçilmiştir. Seçilen kuyulardan yağışlı ve kurak dönemleri temsilen Mayıs 2015 ve Eylül 2015 tarihlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2.1). Çalışmalar sırasında her bir kuyunun coğrafi koordinatları kaydedilmiştir. Su örneklerinin sıcaklık (T), toplam çözünmüş katı madde içeriği (TÇKM), elektriksel iletkenlik (EC), pH gibi fiziko-kimyasal parametreleri örnekleme noktasında yerinde ölçülmüş, ölçümlerde W.T.W-LT 330 marka portatif kondüktivite metre (SCT), Orion marka pH metre kullanılmıştır. Ağır metallerin ve iyonların analizleri için su örnekleri ayrı ayrı 1,5 lt'lik çift kapaklı polietilen şişelerle alınmış, etiketlenmiş ve aynı gün içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Alınan su örneklerinin içerisine elementler arasındaki etkileşimleri önlemek için HNO₃ ilave edilmiştir.

Çizelge 1.1: Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.

Çalışma türü	Örnekleme, ölçüm ve analiz dönemleri	
Fiziksel parametrelerin ölçümleri	Mayıs 2015	Eylül 2015
Anyon - katyon analizi	Mayıs 2015	Eylül 2015
Ağır metal analizi	Mayıs 2015	Eylül 2015

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanında ki numune noktalarından alınan su örnekleri analiz yapım tarihine kadar buzdolabında 4⁰C’de muhafaza edilmiştir.

Su kimyası analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Suların sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, florür, klorür, bromür gibi anyon değerleri Dionex Ics-1000 ion chromatography tipi cihaz ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Suların kimyasal katyon ve ağır metal analizleri ise Perkinelmer Optima 2100 DV ICP-OES-USA (eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma - optik emisyon spektrometresi) ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Arazi de yerinde ölçülen fiziksel parametreler laboratuvar çalışmaları sırasında tekrar ölçülmüştür.

2.4 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarının ilk aşaması literatür verilerinden elde edilen ve arazi çalışmaları ile yerinde tespit edilen jeolojik verilerin karşılaştırılma ve görselleştirme işlemidir. Bu aşamada çalışma alanının jeoloji haritası ve stratigrafik dikme kesiti güncellenerek yeniden çizilmiştir.

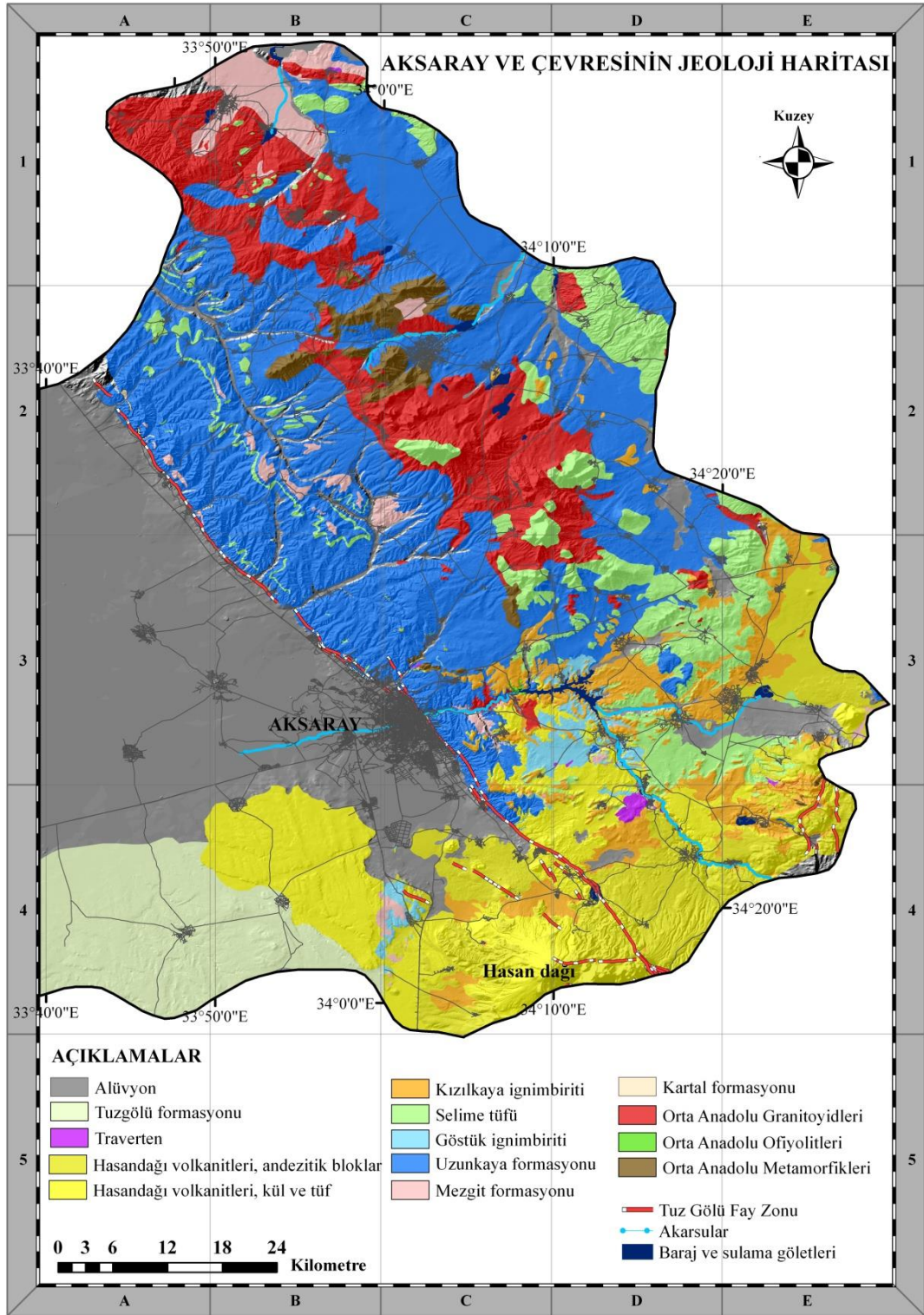
Laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler Aquachem, ArcGIS/ArcMap, Excell gibi yazılım programları kullanılarak sisteme girilmiş, sınıflanmış ve yazılım araçları kullanılarak değerlendirilmiştir. Ana katyon (Na, K, Ca, Mg) ve anyon (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4) analiz sonuçları kullanılarak, Yarı Logaritmik Schoeller, Piper, A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarı, Wilcox diyagramları ile diğer ilgili grafikler çizilmiş ve sonuçları hidrojeolojik açıdan yorumlanmıştır. Sulama suyu sınıflamasında, A.B.D. tuzluluk ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır. Suların kökeninin araştırılmasında da, Schoeller ve Piper diyagramları kullanılmıştır.

Büro çalışmalarının son aşamasında su kalite haritaları hazırlanmıştır. Bu kapsamda Coğrafi Bilgi sistemi (CBS) tasarımında veri tabanında yer alacak hidrojeokimyasal veri setleri ve onlara bağlı olan özellik sınıf yapıları belirlenmiştir.

3.GENEL JEOLojİ

Çalışma alanı ve çevresi litodem ve litostratigrafi birimlerinden oluşur. İnceleme alanının temelini (Göncüoğlu vd., 1996) tarafından Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK) olarak tanımlanan litodem birimleri oluşturur. OAKK, ilk kez Seymen (1981) tarafından tanımlanan alttan üste doğru, Tamadağ ve Bozçaldağ metamorfizmlerinden oluşan Orta Anadolu Metamorfizmaları, deformasyon ve metamorfizma geçirmiş Metamorfik Ofiyolitli karışık ve ensimatik yay magmatiklerinden oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleri ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoidleri'nden meydana gelen kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996).

Metamorfik kayalar mermer, felsik ve mafik ortogneys, şist, kuvarsit gibi kayalardan meydana gelmiş olup, genel olarak magmatik katkı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Alterasyonlar sonucu kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Göncüoğlu vd., 1991) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA,2005).

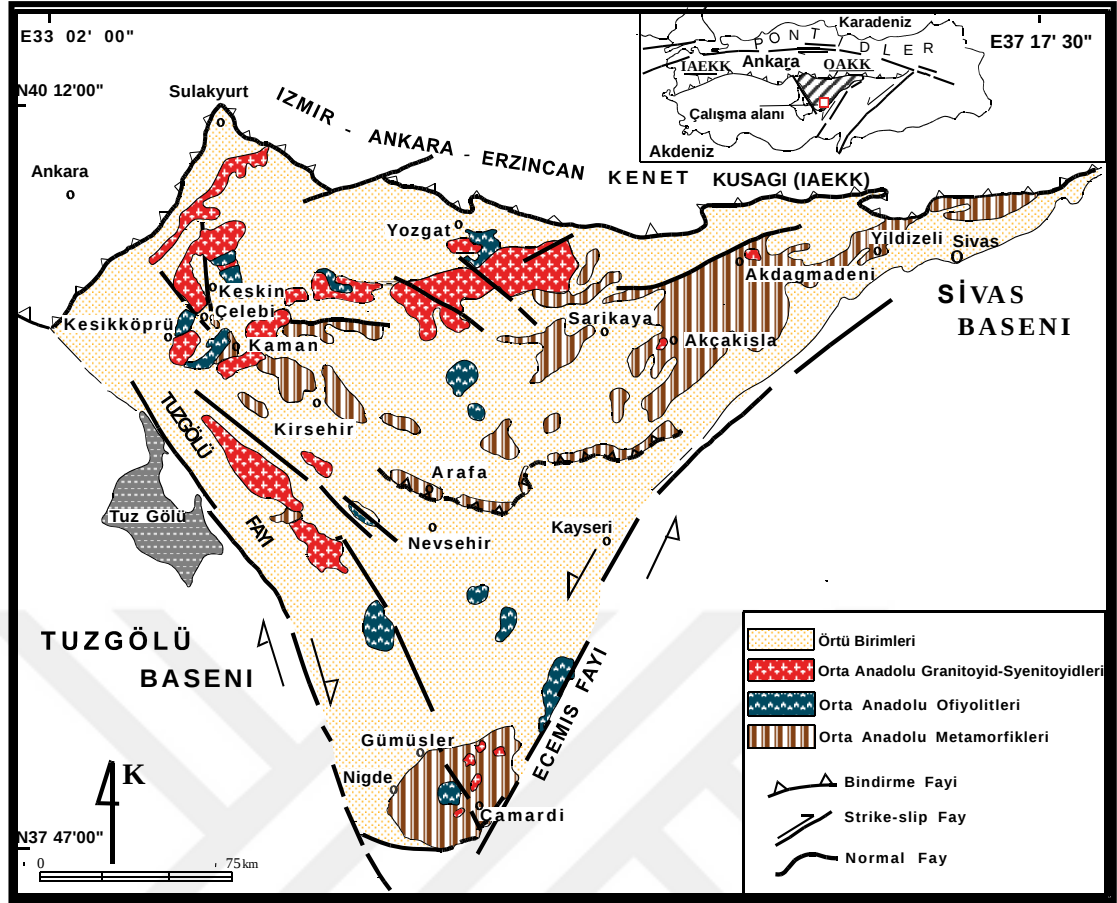
3.1 Stratigrafi

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan temele ait birimleri Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşan OAKK'ndan oluşur. OAKK'nı oluşturan birimler kendi içlerinde Orta Anadolu Metamorfikleri, Orta Anadolu Ofiyolitleri ve Orta Anadolu Granitoidleri olmak üzere üç ayrı gruba ayrılırlar. İnceleme alanının temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen ve Alt Paleosen yaşlı çökellerle başlar (Göncüoğlu vd., 1996; Çemen vd., 1999). Litostratigrafi birimleri karasal, gölssel ve volkanik çökellerden oluşur. Sedimanter istifin ilk birimi Maestrihtiyen yaşlı Kartal formasyonudur. Stratigrafik istif Kartal formasyonu, Mezgit formasyonu, Uzunkaya formasyonu, Göstük ignimbiriti, Selime tüfü, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı volkanitleri, Traverten, Tuzgölü formasyonu ve alüvyon olarak oluşur.

3.1.1 Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)

Orta Anadolu'da, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan ve kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) genel olarak metamorfik kaya topluluğu ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991) (Şekil 3.2).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde gözlemlenen en yaygın metamorfik kaya birimi mermerlerdir. Kalın tabakalı, gri-bej renkli iri kalsit kristallerinden oluşan bol kırık ve çatlaklı yer yer karstik boşluklar içeren mermerler genel olarak inceleme alanının doğu kesimlerinde mostra verirler. Mermerler içerisinde oluşmuş düzensiz karstik boşluklarda hidrotermal akışkanların etkisiyle çökelmiş cevherleşmeler göze çarpar.



Şekil 3.2: Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası (Göncüoğlu vd., 1991).

3.1.2 Kartal formasyonu

İnceleme alanının doğu kısmında yüksek kotlu tepelerde mostra veren birim ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Birim bordo - kırmızı renkli, orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi çimentolanmış, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Egemen litoloji çamur matriks içerisindeki çakıltılardır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen konglomeralar granit, gabbro ve diyabaz çakılları içerir.

Alt seviyelerde çakıltıları ile karakteristik birimin tane boyu üst seviyelere doğru küçülür. Birimin üst kesimlerinde gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı kumtaşı - çamurtaşı ardalanması gözlenir. Kumtaşlarında küçük ölçekli tekneimsi çapraz tabakalanmalar, tane yönlenmeleri sık görülür.

Kartal formasyonu geniş bir kıyı düzlüğünde çökelmiş olan akarsu çökellerinin zaman zaman deniz etkisi altında kalmasıyla oluşmuştur (Öney, 1999). Kartal formasyonu üzerine düşey ve yanal geçişli Mezgit formasyonu gelir.

3.1.3 Mezgit formasyonu

Mezgit formasyonu karasal çakıltası, kırmızı renkli kumtaşı ve çakıltası ile temsil edilen yer yer ince kıltaşı ve jipsli seviyeler içerir. Mezgit grubu olarak adlandırılmıştır (Tromp, 1942). Çalışma alanında gözlenen en yaygın litostratigrafi birimini oluşturmaktadır. Hakim renk kirli sarı ve kahverengidir. Çakıltası inceleme alanının kuzeyinde ve dışında yer alan ofiyolit, granit, gabro, diyabaz ve Lutesiyen yaşlı kireçtaşlarından malzeme almıştır. Çakıllar gevşek tutturulmuş ve kötü boylanmalıdır. Kumtaşı aynı kökenli malzemelerden oluşmuştur. Birim göl ve akarsu ortamında teşekkül etmiştir. İçerisinde fosil bulunmayan bu birim Eosen oluşuklarına ait çakıllar içermekte ve üzerine Uzunkaya formasyonu gelmektedir. Uzunkaya formasyonu içerisinde yer alan tüfitlerde radyometrik olarak Orta-Üst Miyosen yaşını vermiştir (Batum, 1975).

3.1.4 Uzunkaya formasyonu

Birim, bölgede Hamamboğazı derenin her iki yamacında ve Dorukini Köyü civarında, Mezgit formasyonunun üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir (Güllü, 2003).

Sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi alacalı renklerde gözlenen birim tabanda orta-iri taneli konglomeralarla başlayıp üst seviyelerde volkanik malzemeli tuf, tüfit, çapraz tabakalı kumtaşları ve akarsu fasiyesinde gelişmiş kum, kil ve silt bantlı çökeller ile devam eder. Konglomera seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir içyapı sunar. Gevşek tutturulmuş taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelerde gözlenen iri kumtaşı, ince taneli silt ve kil aralanması Melendiz çayının yüksek ve düşük enerji dönemlerini temsil eder (Güllü, 2003).

Birimin Mezgit formasyonu ile olan dokanağı yer yer tektoniktir. Bu tektonik hat, eski bir fay sarplığını yansıtmaktadır. Birim, bu fay sarplığı önünde alüvyal yelpaze tarzında gelişmiş ve oldukça kalın çökeller halinde depolanmıştır (Güllü, 2003). Selime (Aksaray) dolaylarında benzer litoloji ve stratigrafik düzeylerde Alt Pliyosen yaşlı omurgalı fosiller tanımlandığından, birimin Alt Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Yıldız vd., 2002).

3.1.5 Göstük ignimbiriti

Bu formasyon en iyi Göstük yöresinde görüldüğünden Göstük ignimbiriti olarak ilk kez Beekman (1966) tarafından isimlendirilmiştir. Gri, açık mor renkli ve asidik bileşimdedir. Göstük ignimbiriti, tüfitleri üzerine uyumlu olarak beyaz renkli, 2 m kalınlıkta ince taneli vitrik tüflerle başlar. Daha üste doğru ignimbirit özelliği kazanarak devam eder. Tabakalanma özelliği göstermeyen bu kesim, Kızılkaya güneyinde sütunsal yapı kazanır, 5-10 cm boyutunda bazaltik kayaç parçaları, 20-30 cm çapına varan pomza taneleri ve ince taneli, morumsu, gri renkli tuf matriksden oluşur. Beyaz renkli vitrik tüflerin ayrı bir seviye olmadığı, ignimbiritlerin depolanma fazına ait ürün oldukları ifade edilmiştir (Beekman, 1966) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Göstük ignimbiriti ve Uzunkaya formasyonu ilişkisi (Göçmez,1997).

İgnimbiritleri %28 fenokristal ve %73 hamur fazı oluşturmaktadır (Yılmaz vd., 2012). Genel olarak ötaksitik doku özelliği gösteren ignimbiritler hakim olarak plajiyoklaz+biyotit+piroksen+obsidiyen±opak mineral ana bileşenlerinden oluşmaktadır (Yılmaz vd., 2012).

3.1.6 Selime tufü

Adını en kalın olarak gözlendiği Selime beldesinden almıştır (Beekman, 1966). Çelteküstü civarından, Selime, Alanyurt ve Acıgöl'e kadar geniş alanlarda mostra verir. Genel olarak beyaz renkli vitrik özelliktedir. Kalınlığı batıdan doğuya doğru artar (Burçak, 2006).

Tüflerin en yaygın olduğu kesimler kuzeybatıda Kızılkaya çevresinden başlayarak doğuya doğru dar alanlarda gözlenir ve güneye doğru daha geniş alanlarda yüzeyleyerek Selime köyüne doğru uzanır. Buradan da güneye doğru Melendiz

vadisi boyunca uzanır. İnceleme alanında Güzelyurt, Sivrihisar ve Narlıgöl çevresinde de mostra vermiştir.

Selime tüfleri, Selime ve Yaprakhisar çevresinde, üstteki sert ignimbrit (Kızılkaya ignimbriti) tabakasının korunması altında “peri bacası” yapıları oluşturması ile kolayca tanınır. Aşınma nedeniyle özellikle, batıda, Çelteküstü ve Eskinos civarlarında korunabilmiş küçük mostraları kalmıştır. Birimin kalınlığı batıdan doğuya doğru artar, batıda birkaç metreye kadar inen kalınlık, doğuya doğru artarak Selime civarlarında 100 m’ye ulaşır. Selime tüflerinde, batıdaki ince taneli yapının doğuya doğru (Güzelyurt kuzeyi), irileşmesi, çıkış kaynağının bu alanın yakınındaki Acıgöl civarı olabileceğine yorumlamıştır (Beekman, 1966). Birimin yaşı Batum (1978)’e göre Alt Pliyosen olarak belirtilmiştir (Şekil 3.4).

Hasandağı'nın kuzeyinde kuzeye doğru inceli Aksaray'ın doğusundaki kristalin temele kadar gelerek orada gözden kaybolan tüfit, tuf ve Selime Tüfü içerisinde çok sık görülen pümis mercekleri heterojen bir dağılım gösterirler (Yılmaz vd., 2012).



Şekil 3.4: Selime tüflerinden görünüm.

Selime Tüfü muhtemelen, volkanizma sonucu ortaya çıkan piroklastik malzemelerin gölgesel bir havzada çökmesi sonucu oluşmuşlardır. Pliyosen’de ortaya çıkan türbülanslı rejime sahip sellenmeler ve meteorik kökenli yağış sularının zaman zaman çökme ortamını etkilemesi sonucu, ince-orta taneli, gevşek tutturulmuş kırıntılı taneler, Selime tüfü içerisinde kötü boylanmalı, köşeli, heterojen bir dağılım gösterirler. Pümis parçacıkları ortalama 2 cm – 3 cm arasında değişen çaplardadır ve gaz boşluklu görünüm verirler.

3.1.7 Kızılıkaya ignimbiriti

Çalışma alanında geniş alanlar kaplayan birim, ilk olarak Beekman (1966) tarafından adlandırılmıştır. Adını çalışma alanında yer alan Kızılıkaya köyünden alır. Altta yer alan Gelveri lavı üzerine gelen Kızılıkaya ignimbiriti, çalışma alanında Selime Yaprakhisar civarında Selime tüfleri üzerine, daha batıda Karakaya formasyonu, Göstük tüfit ve ignimbritleri ve daha eski temel kayalar üzerinde diskordan olarak bulunur (Şekil 3.5).

Topoğrafyada mesalar oluşturmaları en belirgin özelliğidir. Birim, beyaz, açık gri renklidir. Riyodasitik-andezitik bileşimlidir. Alt seviyelerde 30 cm'ye varan pomza parçaları içeren Kızılıkaya ignimbritinin orta seviyeleri açık pembe, üst seviyeleri beyaz, açık gri renklidir. Birimin alt ve orta kısımları kuvvetli kaynaklı, üst kısımlar daha zayıf kaynaklıdır. Güzelyurt kuzeyinde pomzaların çaplarında irileşmeler olduğu bu nedenle çıkış yerinin Güzelyurt yakınlarında olabileceği belirtilmiştir.



Şekil 3.5:Kızılıkaya ignimbritleri.

İnceleme alanı ve çevresinde yaygın olarak yapı taşı olarak da kullanılan birim içerisinde insanlar tarafından eski zamanlarda açılmış çok sayıda irili ufaklı mağara bulunur. İgnimbiritler içerisinde gözlenen biyotit minerallerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayininde birimin $4.9-5.5 \pm 0.2$ My aralığında olduğu bulunmuştur. Bu veriye göre Kızılıkaya ignimbritinin yaşı Alt Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Batum, 1978).

3.1.8 Hasandağı volkanitleri

İlk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim üstten alta doğru andezit, andezit-bazalt birleşimindeki lavlar ve bunların farklı boyuttaki tüf ve kül boyutundaki piroklastiklerinden oluşur.

Hasandağı külleri gölsel ve volkanizma ürünü olan birimlerin aralanmasından oluşmuştur. Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matriksi içerisinde kaba kum boyundan 5–6 cm'ye kadar ulaşan obsidiyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Yer yer tabakalı bir görünüm sunan birim kendi içerisinde düşey ve yatay yönde geçişlidir. Topografya yüzeyine bağlı olarak genellikle yatay, yer yer eğimli bir görünüm sunar.

Birimin yaygın olarak gözlenen diğer bir litolojisi ise gri-siyah renkli bazaltik ve andezitik lav akıntılarıdır. Bazaltlar içerisinde gaz boşlukları oldukça yaygındır. Gri renkli camsı dokuda, iri plajiyoklas, hornblend, ojit, hipersten, biyotit fenokristalli lavlar içerisinde yer yer obsidiyenlere rastlamak olasıdır. Obsidiyenler siyah ve kahverengi renklerde olup akma yapısı yer yer de bantlı yapı gösterir. Bazaltların akış yönleri ve yayılımları morfolojiye uygun olarak gelişmiştir (Duru, 2006).

3.1.9 Traverten

Basınç altında, bünyesinde erimiş karbondioksit bulunan yeraltı suları, yüzeye doğru hareket ederken geçtikleri bölgelerdeki kalsiyum karbonatı (CaCO_3) eriterek taşır. Suda erimiş halde bulunan kalsiyum karbonat çok ince katmanlar halinde kayaların üzerine çöker ve travertenleri oluşturur.

Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı olarak ısınan CO_2 'ce zengin sıcak sular kayalarda iyi gelişmiş kırık sistemleri boyunca yüzeye çıkmakta ve traverten çökeltmektedir. İnceleme alanında eski ve yeni su çıkış noktalarını işaret etmektedir.

Travertenler genelde beyazımsı, açık kahve, sarı renkli ve boşluklu yapıya sahiptir. Alterasyon sonucu ortaya çıkan demir zenginleşmesine bağlı olarak kırmızı renk tonları içerdikleri de gözlemlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Yaprakhisar civarında gözlenen traverten yapısı (Göçmez,1997).

Birim inceleme alanında Yaprakhisar, Ziga ve Narlıgöl çevresinde mostra vermektedir. Birimin kalınlığı 30 cm'e kadar gözlenmektedir. Su çıkışlarının devam ettiği bölgelerde traverten oluşumu devam etmektedir (Şekil 3.6).

3.1.10 Tuzgölü formasyonu

Tuz Gölü ve yayılım alanı boyunca topoğrafyanın düz olduğu alanlarda çökelim gösteren birim en altta gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kil fasiyesi ile başlar, karbonatlı, sülfatlı ve jipsli seviyeler içeren alüvyon yelpazesi çökelleri ile devam eder. Birim; Ulu vd. (1994), tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmıştır. İklimsel değişimlere bağlı olarak, Tuzgölü formasyonu çökellerinde de farklılıklar gözlenmektedir. Havzada gölsel, bataklık ortamlarına ve buharlaşmaya bağlı olarak çökelleri birbirleri ile yatay ve düşey yönde geçişli olarak görmek mümkündür (MTA, 2005).

Bu çalışma kapsamında formasyon litolojik özellikleri açısından iki farklı grupta değerlendirilmiştir. Tuzgölü formasyonu (a) genel olarak göl kenarlarında yüzey sularının biriktiği alanlarda oluşan koyu gri renkli, karbonatlı kil ve karbonat çökellerinden oluşur (MTA, 2005). Birim, Tuz gölünün güney kıyıları boyunca yayılım gösterir ve diğer birimlerle yanal ve düşey yönde geçişlidir.

Genel jeoloji haritasında Tuzgölü formasyonu (b) olarak adlandırılan çökeller ise daha güneyde kıyı ile bağlantısı olmayan iç bölgelerde gözlenir. İklimsel değişimlere bağlı olarak gelişen farklı enerjili akarsular tarafından çökeltme Tuzgölü havzasına taşınan değişik boyutlardaki gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt, kil ve karbonatlı çökellerden oluşur. Karbonatlı kum seviyeleri ve yer yer sarımsı - bej renkli bol kırık çatlaklı ince tabakalı marnlı seviyelerle geçişli olarak gözlemlenir. Çakıl ve kumlar

kötü boylanmış olup, iyi yuvarlaklaşmıştır (Ulu vd., 1994). Ulu vd. (1994) tarafından birimin yaşı Pliyo - Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

3.1.11 Alüvyon

Birim akarsularla vadi içlerine taşınmış olan gevşek, tutturulmamış çakıl, kum, kilden oluşur. Kötü boylanmalı, yeşilimsi-gri renkli özellik gösterir. Birim Melendiz Vadisi boyunca ve Aksaray çevresindeki düzlüklerde mostra verir. Kendinden önce gelen tüm birimleri uyumsuz olarak örter. Birimin oluşumu hala devam etmektedir.

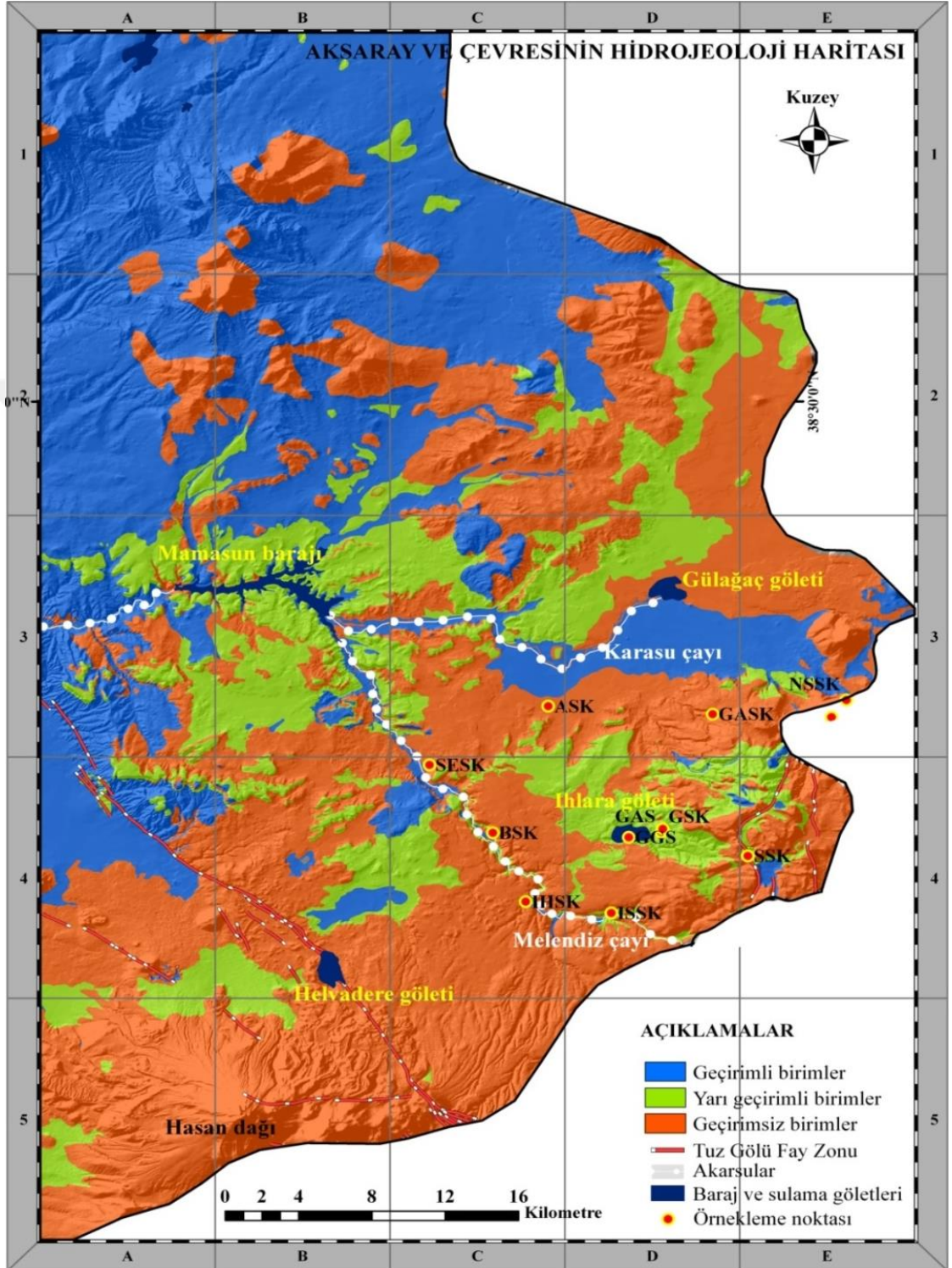
3.2 Yapısal Jeoloji

Bölgenin en önemli tektonik unsuru TGFZ'dur. TGFZ'nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman (1978), Uygun vd., (1982), Görür vd., (1984), Çemen vd., (1999) fay zonunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken; Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen; Dellaloğlu ve Aksu, (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd., (1985), Şaroğlu vd., (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd., (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen'de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve Göncüoğlu (1993), Dirik ve Göncüoğlu (1996), Çemen vd., (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer vd., (2012) ise çalışmasında TGFZ'nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan yatım açısı; 75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zone olduğunu savunmuştur.

İnceleme alanında TGFZ'na paralel gelişen KB - GD gidişli birbirlerine paralel doğrultu atımlı fay sistemleri ve ana fayı farklı açılarla kesen D - B gidişli düşey bileşenli fay sistemleri gelişmiştir. Düşey bileşenli faylar inceleme alanının graben özelliği kazanmasını sağlamıştır. KB-GD ve KB-GD yönlü fay ve çatlak hatlarının kesişmesi ile bölgedeki merkezi volkanizmalar meydana gelmiş, bunun sonucunda da cüruf konileri oluşmuştur. Genç birimlerin örtü şeklinde bölgeyi kaplamaları bahsi geçen tektonik yapılarında örtülmesine neden olmuştur.

Aktif gaz ve sıcak su çıkışları ve traverten oluşumu devam eden Ziga Fayı KB-GD yönlü eğim atımlı normal bir faydır. Fayın güney bloğu, kuzey bloğuna oranla

İnceleme alanındaki litolojik birimler su taşıma ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik sınıfta tanımlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeoloji haritası.

Geçirimli Birimler:

Kayaçlar içinde boşluk ve çatlaklar gözeneklilik olarak tanımlanır. Gözeneklilik (porozite) boşluk hacminin tüm hacme oranıdır. Taneli kayaçlarda taneler arasındaki boşluk birincil gözenekliliği, çatlak ve kırıklar ise ikincil gözenekliliği oluşturur. Geçirgenlik (permeabilite) ise, kayaçların suyu geçirme özelliğidir.

İnceleme alanında yer alan Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitlelerine ait mermerler iyi bir akifer özelliği göstermektedir. Birim içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu kısımlar hidrojeolojik açıdan geçirimlidir. Orta Anadolu Metamorfitleri'ne ait mermerler bölgede gelişen sıcak ve mineralli su kaynakları için hazne kaya özelliğindedir. İnceleme alanında yer alan birimlerin geçirimli seviyelerinin kalınlıklarının az olması, geçirimsiz seviyelerle ardalanmalı yapı sunmaları, kum ve çakıl tanelerinin genelde kil ve karbonat bağlayıcı ile tutturulmuş olması, kayaçlarda gelişen ikincil süreksizliklerin düzensiz olması gibi etkenlerden dolayı Tersiyer yaşlı birimler genelde orta verimli akifer olarak sınıflandırılmıştır.

Kretase yaşlı Kartal formasyonunun kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası ve kumtaşı seviyeleri; Uzunkaya formasyonunun alt seviyelerinde gözlemlenen kötü boylanmalı kumtaşları ve çakıltası mercekleri yüksek gözenekliliğe sahip ve geçirimliliği yüksek seviyeleri; Göstük ignimbiritlerinin soğuma çatlakları boyunca ikincil gözenekliliğe sahip olup, yaygın olarak yüzeyde bulunduklarından suların derinlere süzülmesini sağlar. Mezgit formasyonunun tabanda bol kırıklı ve çatlaklı seviyeleri, koyu kırmızı, bordo renkli orta, iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi tutturulmuş çakıllı seviyeleri ile kaba taneli, gevşek çimentolu gri, yeşilimsi renkli kumtaşı seviyeleri. Bu birimler sığ rezervuarı oluşturur. Sığ rezervuar jeolojik verilere göre 150-500 m arasında derinliğe sahiptir. Yüzeysel beslenme alanında KB-GD ve KD-GB doğrultulu faylar boyunca oluşan ikincil gözenekler yağış sularının derinlere süzülmesini sağlar. Hasandağı volkanitlerinin bol kırıklı çatlaklı andezitik, bazaltik seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonunun gevşek tutturulmuş çakıllı, kumlu seviyeleri ile güncel alüvyonun tutturulmamış çakıl ve kum seviyeleri pratik olarak geçirimlidir.

Yarı Geçirimli Birimler:

İnceleme alanında yer alan tersiyer yaşlı karasal, gölsel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimlerin siltli seviyeleri ile eski ve yeni alüvyonun siltli seviyeleri, Mezgit

Formasyonu, karasal çakıltası, kırmızı renkli kumtaşı, çakıltası, ince kıltaşı, jipsli ve anhidritli seviyelerden oluşmaktadır ve bu birimin gözenekliliği çok düşüktür ve yarı geçirimli özellik göstermektedir. Göstük ignimbiriti ve Kızılkaya ignimbiriti çatlaklar ve kırık yüzeyleri boyunca ikincil gözeneklilik kazanmıştır ve bu seviyelerde yarı geçirimli birim özelliği kazanmışlardır. Selime Tüfü, inceleme alanında oldukça geniş bir alanda yüzeylemiştir ve birim sarımsı beyaz veya uçuk pembe renklidir. Bazalt, tüf, andezitce zengindir.

Geçirimsiz Birimler :

Çok ince taneli yapıda olmasından dolayı gözeneklerinde yer alan suyun geçişine izin vermeyen kayaçlar geçirimsiz kayaçlardır. Rezervuar özellikli kayaçlar üzerinde bulunan geçirimsiz kayaçlar, jeotermal rezervuarı örterek dışarıdan olabilecek etkilere karşı korur ve soğumasını önler. Örtü kayaçları sedimanter ortamlarda oluşan silttaşı, kıltaşı gibi ince taneli kayaçlar ile volkanizmaya bağlı olarak oluşan tüf ve volkanik küllerden birincil olarak veya hidrotermal alterasyon süreçleri ile ikincil olarak oluşabilir.

İnceleme alanında Göstük tüfitleri içindeki tüf seviyeleri; Selime tüfleri ile Gelveri, Kızılkaya ignimbritlerinin hidrotermal alterasyona uğramış kesimleri ve Hasandağ kül formasyonu geçirimsiz kayaçlar olup, örtü kayaç özelliklidir.

İnceleme alanının temelinde yer alan birimlerden Orta Anadolu Metamorfikleri'ne ait gnays ve şistler etkili kırık zonları dışında geçirimsizdir ve hidrojeolojik anlamda set görevi görmektedir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin kil, kumlu marn, marnlı kireçtaşlarından oluşan seviyeleri, eski ve yeni alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz zonları oluşturur. Tuz gölü formasyonunun ve alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz seviyeleri oluşturur.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER	Holosen	Alıyönü	Qa		Çakıllı ve kumlu seviyeler boyunca gözenekliliği ve geçirimsizliği yüksek, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, orta akifer
			Traverten	Qt		Az gelişmiş karstik boşluklar ve kırık çatlaklı yüzeyler boyunca ikincil gözeneklilik kazanmış geçirimsizliği orta zayıf akifer
		Hasandagi	volkanitler	Ohb		Bol kırık ve çatlaklı yüzeyler boyunca ikincil gözenekliliğe sahip, geçirimsiz birim
		Kızılkaş	ignimbiriti	Plki		Soğuma çatlakları ve kırık yüzeyler boyunca ikincil gözeneklilik kazanmış yarı geçirimsiz birim, zayıf akifer
	PLİYOSEN	Selime tufu		Tst		Silt ve kil boyu küllerden oluşmuş geçirimsiz birim
		Göstük	ignimbiriti	Tgi		Soğuma çatlakları ve kırık yüzeyler boyunca ikincil gözeneklilik kazanmış yarı geçirimsiz birim, zayıf akifer
		Uzunakaya		Tu		Kötü boylanmış, orta gözenekliliğe sahip, çakıllı ve kumlu seviyeleri yüksek gözeneklilik ve geçirimsizliğe sahip, iyi akifer
PALEOZOYİK / MESOZOYİK	OLİGO-MİYOSEN	Mezgit		Tm		Bol kırık ve çatlaklı geçirimsiz, iyi akifer
		Kırık				Kırık zonlar haricinde gözeneklilik çok düşük, geçirimsiz jips ve anhidritlerden oluşan akifer
						Gözenekliliği zayıf, geçirimsiz çakıl ve kumlu seviyeler
		Kartal		Kk		Çakıltası - kumtaşı seviyeleri geçirimsiz, killi seviyeleri geçirimsiz, yüksek gözenekliliğe sahip geçirimsiz birim, iyi akifer
	KRETASE	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı				Masif yüzeyler boyunca akifer, Kırık ve çatlaklı seviyelerde ikincil gözenekliliği yüksek geçirimsiz seviyelerde zayıf akifer
		OAKK				Gnays ve şistler geçirimsiz, bol kırık ve çatlaklı memmer ve kuvarsitler boyunca geçirimsiz iyi akifer

Ölçeksiz

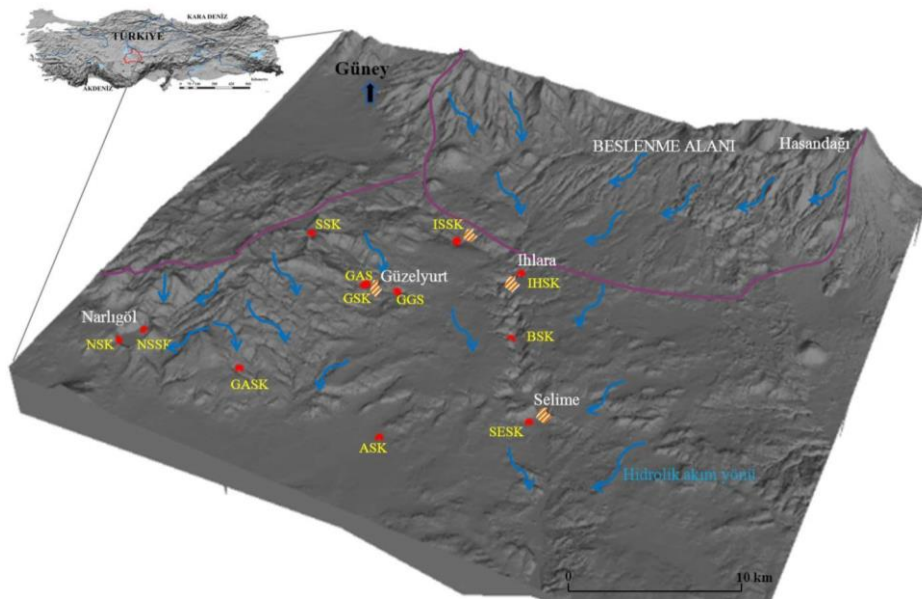
Şekil 3.9: İnceleme alanı ve çevresinin genel hidrojeolojik stratigrafik dikme kesiti.

4. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

Bu bölümde, Aksaray il sınırları içerisinde yer alan Güzelyurt ilçesi ve yakın çevresindeki içme ve kullanma amaçlı kullanılan önemli su kaynakları hidrojeokimyasal açıdan incelenmiştir. Örneklem noktaları olarak Güzelyurt sulama göleti, Ayazma soğuk su kaynağı, Narköy sıcak ve mineralli su kaynağı, Ilısu sıcak su kaynağı ve Güzelyurt, Sivrihisar, Gaziemir, Narköy, Alanyurt, Belisırma, Selime ve Ihlara içme suyu kuyuları seçilmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1).

Çizelge 4.1: Örneklem noktalarını tanımlayıcı bilgiler.

No	Örnek adı	Örnek tipi	Kısaltma	X	Y
1	Güzelyurt ayazma	soğuk kaynak suyu	GAS	619920	4237324
2	Güzelyurt	yeraltı suyu	GSK	619970	4237504
3	Güzelyurt-G	göl suyu	GGs	618520	4237001
4	Sivrihisar	yeraltı suyu	SSK	623647	4235997
5	Gaziemir	yeraltı suyu	GASK	622014	4244162
6	Narköy-S	sıcak ve mineralli su	NSSK	627732	4245071
7	Narköy	yeraltı suyu	NSK	627114	4244061
8	Alanyurt	yeraltı suyu	ASK	614959	4244513
9	Ilısu	sıcak kaynak suyu	ISSK	617838	4232616
10	Belisırma	yeraltı suyu	BSK	612684	4237171
11	Selime	yeraltı suyu	SESK	609916	4241051
12	Ihlara	yeraltı suyu	IHSK	614146	4233213



Şekil 4.1: İnceleme alanında örneklem noktaları ve konumları.

Güzelyurt merkezde yer alan Ayazma kaynağı bölgenin önemli soğuk su kaynaklarından birisidir. Özellikle yöreyi ziyaret eden turistler tarafından kutsal olarak nitelendirilen ve içmece olarak kullanılan kaynak tüflerden boşalmaktadır. Kaynağın debisi 2 L/sn, sıcaklığı ise 15 °C'dir. Ayazma kaynağının kaptajı yapılarak ilçeye getirilmiş ve içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır.

Ilısu sıcak su kaynağı, Ilısu Köyü'nün içerisinde Melendiz ırmağı kenarından açığa çıkmaktadır. Kaynağın sıcaklığı 40 °C'dir. Kaynak üzerine inşa edilen hamam, köylüler tarafından tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Kaynakta gaz çıkışları yok denecek kadar azdır.

Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı Aksaray'ın 35 km güneydoğusunda bulunan Narlıgöl jeotermal alanında açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan su zaman içerisinde krater çöküntüsünde Narlıgöl (Acıgöl) krater gölünü oluşturmuştur. Maden Tetkik ve Araştırma Genel Müdürlüğü tarafından açılan 2 adet sondaj kuyusundan 65 °C sıcaklığa sahip 115 L/sn sıcak su elde edilmiştir. Sahada sıcaklıkları 26-45 °C arasında değişen birçok noktadan açığa çıkan kaynaklar mevcuttur. Sondajlardan elde edilen sıcak su bölgede bulunan iki otele balneoterapi amaçlı kullanılmak üzere tahsis edilmiştir. Kaynaklardan hidrojen sülfür, kükürtdioksit ve karbondioksit gaz çıkışları oldukça fazladır.

Diğer örnekleme noktaları ise bölgede bulunan yerleşim alanlarının içme, kullanma ve sulama suyu ihtiyaçlarını karşılayan su kuyularıdır.

Bu amaç kapsamında mevsimsel yağışlar göz önünde bulundurularak Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde hidrojeokimyasal analizler için örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.2). Örnekleme çalışmaları kapsamında pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), toplam çözünmüş katı madde (TDS) gibi parametreler örnekleme çalışmaları sırasında yerinde ölçülmüştür.

Çizelge 4.2: Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.

Çalışma türü	Örnekleme, ölçüm ve analiz dönemleri	
Fiziksel parametrelerin ölçümleri	Mayıs 2015	Eylül 2015
Anyon - katyon analizi	Mayıs 2015	Eylül 2015
Ağır metal analizi	-	Eylül 2015

4.1 Suların Yerinde Ölçülen Parametrelerinin Değerlendirmesi

Örnekleme noktalarından farklı dönemlerde alınan su örneklerinin iyon analizleri ile pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) gibi arazide yerinde ölçülen fiziko-kimyasal parametrelerin ölçüm değerleri bu bölümde değerlendirilmiştir. Örnekleme noktalarına ait analiz sonuçlarının en az, en çok ve ortalama değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3: Örnekleme noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin en az, en çok ve ortalama değerleri.

Parametre	Birim	Mayıs 2015			Eylül 2015		
		En az	En çok	Ortalama	En az	En çok	Ortalama
T	°C	10.2	63.4	20.7	12.1	64.7	21.7
pH		6.7	8.4	7.5	6.7	7.9	7.3
EC	µS/cm	154.0	3420.0	588.1	131.9	2990.0	561.3
TÇKM		119.0	2525.0	462.7	113.0	2732.0	494.3
SRT		53.7	1030.0	203.9	78.0	1419.0	243.6
Cl ⁻		2.8	474.2	53.5	101.9	1347.7	49.7
SO ₄ ⁻		2.8	113.5	22.1	2.8	404.3	35.7
HCO ₃ ⁻	mg/L	82.0	1079.0	244.7	2.0	270.9	272.0
Ca ⁺²		15.4	263.7	55.7	17.6	384.8	66.7
Na ⁺²		8.7	282.4	44.3	4.5	166.4	25.8
Mg ⁺²		3.7	90.6	15.8	5.4	111.8	18.8
K ⁺		0.9	18.5	6.5	0.8	49.7	12.1

T:sıcaklık, **EC:**elektriksel iletkenlik, **TÇKM:**toplam çözünmüş katı madde, **SRT:** sertlik

Söz konusu sular için Mayıs ve Eylül örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (6.7 - 8.4) (6.7 – 7.9), elektriksel iletkenlik (EC) (154.0 - 3420.0) (131.9 - 2990.0) µS/cm, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (119.0 - 2525.0) (113.0 – 2732.0), sertlik (53.7 – 1030.0) (78.0 - 1419.0) mg/L arasında değişmiştir.

Eylül 2015 örnekleme döneminde suların ortalama sıcaklık değerleri yükselme eğilimi gösterirken ortalama pH değerleri ise düşmüştür. Sıcaklık artışı mevsimsel sıcaklık artışına bağlı olarak gelişmiştir. Kurak dönemde pH değerlerinin düşmesinin nedeni ise buharlaşmaya bağlı su seviyelerindeki azalma, mikrobiyolojik faaliyetlerin artması, sıcak ve mineralli su kaynaklarında gözlenen CO₂ artışı gibi etkenler olabilir. Sıcaklık artışı ve pH düşümüne bağlı olarak kurak dönemde daha fazla iyon

Çözülmüş ve ortalama TÇKM değerleri artış göstermiştir. TÇKM ile aralarında kuvvetli doğrusal bir ilişki bulunan ortalama EC değerlerinde ise kurak dönemde düşme tespit edilmiştir. Bunun nedeni kurak dönemde gözlenen ortalama Na^+ değerlerindeki düşme olabilir. Kurak dönemde ortalama Ca^{2+} değerlerinde artış gözlenmesi Na^+ ve Ca^{2+} iyonları arasında iyon değişimi olduğunun bir göstergesi olabilir. Kurak dönemde ortalama HCO_3^- değerleri kuvvetli bir düşme eğilimi gösterirken Cl^- değerleri ise artış göstermiştir. Bunun nedeni olarak kurak dönemde özellikle Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı ve çevresinde gözlenen CaCO_3 çökelimi gösterilebilir. Cl^- iyon miktarındaki artış ise Cl^- içerikleri yüksek derin dolaşım sistemine sahip sıcak ve mineralli su kaynaklarının kırık sistemlerinin genişlemesine bağlı olarak daha yüksek oranlarda açığa çıkararak hidrojeolojik döngüye katkısı olabilir. Bu artış, kurak dönemde daha asidik ve çözücü özellik kazanan suların, inceleme alanı ve çevresinde yoğun olarak gözlenen Hasandağı volkanizması ürünleriyle teması sonucu daha yüksek miktarlarda Cl^- iyonu çözmelerine de bağlı olarak gelişmiş olabilir.

Ancak rnekleme dönemleri boyunca homojen bir dağılım veya sistematik bir artış belirlenememiştir. Bunun nedeni sıcak suların diğer soğuk sularla karışımları veya yeraltı sularının sulama amaçlı kullanımları olabilir. İnceleme alanı ve çevresindeki yerel hidrojeolojik sistemi daha net olarak açıklayabilmek için her bir su kalite parametresi örnekleme noktalarına göre grafikler yardımı ile değerlendirilmiştir. Mayıs 2015 ve Eylül 2015 rnekleme dönemlerine ait fiziksel ve kimyasal su kalite parametreleri izelge 4.4 ve izelge 4.5'te verilmiştir.

4.1.1 Hidrojen iyonu konsantrasyonu, pH

Su neklerinin pH değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 ve Eylül 2015 rnekleme döneminde en düşük değer NSSK rnekleme noktasında 6.7, en yüksek değer ise sırasıyla GGS rnekleme noktasında 8.4 ve 7.9 olarak llmştir (şekil 4.2). pH değerleri NSSK rnekleme noktasında mevsimsel bir değişim göstermezken, Eylül 2015 rnekleme döneminde GGS rnekleme noktasında ise düşme eğilimi göstermiştir. GGS rnekleme noktasının kapalı bir sistem olan gölet suyu olduğu düşünüldüğünde pH değerlerinin kurak dönemde daha fazla güneşe maruz kalmasından dolayı pH değerlerinin artacağı beklenmekteydi. Ancak GGS'de kurak dönemde gözlenen pH değerlerindeki bu düşme eğilimi, su seviyesinin azalmasına bağlı olarak bitki, hayvan ve mikroorganizma gelişmesinin artmasına bağlanabilir.

Özellikle mavi-yeşil alglerin mikrobiyolojik faaliyetlerinin bir sonucu olarak göl suyunda H₂S ve bütirik asitin çoğulması pH değerlerinin düşmesine neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.4: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait bazı fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerinin analiz sonuçları.

No	Örnek	T	pH	EC	TÇKM	SRT	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺
	adı	°C		µS/cm									
1	GAS	12	7.3	791	641	208	72.2	51.49	150	56.8	38.4	16.2	8.4
2	GSK	16	6.8	201	232	127	6.96	12.89	158	39.3	11	7.07	2.49
3	GGs	10	8.4	208	161	79.7	12.4	12.13	114	19.1	14.6	7.76	9.66
4	SSK	15	7.6	254	186	105	3.11	3.34	146	26.9	11.3	9.25	4.07
5	GASK	15	7.9	375	287	146	6.51	14.01	223	44.5	24.9	8.39	14.4
6	NSSK	63	6.7	3420	2525	1030	474	113.5	1079	264	282	90.55	18.5
7	NSK	16	7.7	154	119	53.7	4.3	2.83	82	15.4	9.15	3.71	6.16
8	ASK	16	7.5	295	378	138	18.1	14.94	217	42.2	44.6	8.03	2.26
9	ISSK	33	7.4	445	335	168	21.8	14.5	240	49.7	42	10.62	4.83
10	BSK	17	7.6	360	258	147	7.02	7.14	197	41.8	16.2	10.45	2.84
11	SESK	18	7.2	379	295	144	12.8	13.02	196	40.7	28.4	10.38	3.63
12	IHSK	16	7.7	175	135	100	2.78	5.21	134	28.1	8.71	7.29	0.91

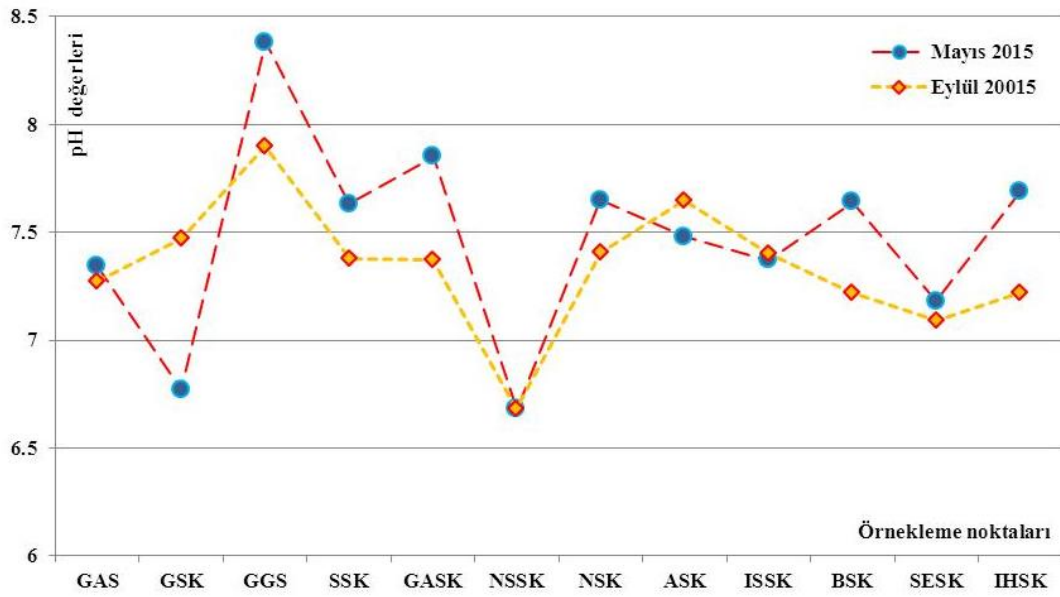
No	Örnek	T	pH	EC	TÇKM	SRT	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺
	adı	°C		µS/cm	mg/L					meq/L			
1	GAS	12	7.3	791	641	208	2.03	1.07	2.46	2.84	1.67	1.33	0.22
2	GSK	16	6.8	201	232	127	0.20	0.27	2.59	1.96	0.48	0.58	0.06
3	GGs	10	8.4	208	161	79.7	0.35	0.25	1.87	0.96	0.63	0.64	0.25
4	SSK	15	7.6	254	186	105	0.09	0.07	2.39	1.34	0.49	0.76	0.10
5	GASK	15	7.9	375	287	146	0.18	0.29	3.66	2.22	1.08	0.69	0.37
6	NSSK	63	6.7	3420	2525	1030	13.36	2.36	17.69	13.19	12.26	7.45	0.47
7	NSK	16	7.7	154	119	53.7	0.12	0.06	1.34	0.77	0.40	0.31	0.16
8	ASK	16	7.5	295	378	138	0.51	0.31	3.56	2.11	1.94	0.66	0.06
9	ISSK	33	7.4	445	335	168	0.61	0.30	3.93	2.49	1.82	0.87	0.12
10	BSK	17	7.6	360	258	147	0.20	0.15	3.23	2.09	0.70	0.86	0.07
11	SESK	18	7.2	379	295	144	0.36	0.27	3.21	2.04	1.23	0.85	0.09
12	IHSK	16	7.7	175	135	100	0.08	0.11	2.20	1.40	0.38	0.60	0.02

T: sıcaklık, EC: elektriksel iletkenlik, TÇKM: toplam çözünmüş katı madde, SRT: sertlik

Çizelge 4.5: Eylül 2015 örnekleme dönemine ait bazı fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerinin analiz sonuçları.

No	Örnek	T	pH	EC	TÇKM	SRT	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺
	adı	°C		µS/cm					mg/L				
1	GAS	12	7.3	997	849	252	232.5	97.52	59.53	92.2	29.7	5.35	49.7
2	GSK	17	7.5	260	225	136	158.6	6.75	11.96	39.28	5.61	9.24	2.27
3	GS	15	7.9	233	200	92	101.9	16.42	12.75	20.85	9.14	9.72	6.34
4	SSK	16	7.4	183.9	156	118	149.8	3.1	2.65	27.25	5.33	12.15	1.95
5	GASK	16	7.4	325	279	152	192.3	5.04	10.8	44.89	12.1	9.72	6.95
6	NSSK	65	6.7	2990	2732	1419	1347.7	404.3	270.9	384.8	166	111.8	46.4
7	NSK	16	7.4	131.9	113	78	105.9	2.82	2.02	17.64	4.52	8.26	3.04
8	ASK	17	7.7	478	401	154	240.6	20.12	17.48	42.48	29.3	11.67	8.54
9	ISSK	33	7.4	388	331	147	215.2	8.73	10.24	36.07	12.6	14.01	4.79
10	BSK	18	7.2	284	244	89.4	110.5	2.96	5.35	26.45	4.74	5.69	0.76
11	SESK	19	7.1	306	263	138	218.5	18.53	14.86	28.86	22.8	16.04	10.6
12	IHSK	18	7.2	159	138	148	190	10.34	9.6	39.28	7.37	12.15	3.96
No	Örnek	T	pH	EC	TÇKM	SRT	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺
	adı	°C		µS/cm			mg/L			meq/L			
1	GAS	12	7.3	997	849	252	3.81	2.75	1.24	4.61	1.29	0.44	1.27
2	GSK	17	7.5	260	225	136	2.60	0.19	0.25	1.96	0.24	0.76	0.06
3	GS	15	7.9	233	200	92	1.67	0.46	0.27	1.04	0.40	0.80	0.16
4	SSK	16	7.4	183.9	156	118	2.46	0.09	0.06	1.36	0.23	1.00	0.05
5	GASK	16	7.4	325	279	152	3.15	0.14	0.23	2.24	0.52	0.80	0.18
6	NSSK	65	6.7	2990	2732	1419	22.09	11.39	5.64	19.24	7.22	9.20	1.19
7	NSK	16	7.4	131.9	113	78	1.74	0.08	0.04	0.88	0.20	0.68	0.08
8	ASK	17	7.7	478	401	154	3.94	0.57	0.36	2.12	1.27	0.96	0.22
9	ISSK	33	7.4	388	331	147	3.53	0.25	0.21	1.80	0.54	1.15	0.12
10	BSK	18	7.2	284	244	89.4	1.81	0.08	0.11	1.32	0.21	0.47	0.02
11	SESK	19	7.1	306	263	138	3.58	0.52	0.31	1.44	0.99	1.32	0.27
12	IHSK	18	7.2	159	138	148	3.11	0.29	0.20	1.96	0.32	1.00	0.10

T: sıcaklık, EC: elektriksel iletkenlik, TÇKM: toplam çözünmüş katı madde, SRT: sertlik



Şekil 4.2: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait pH değerleri.

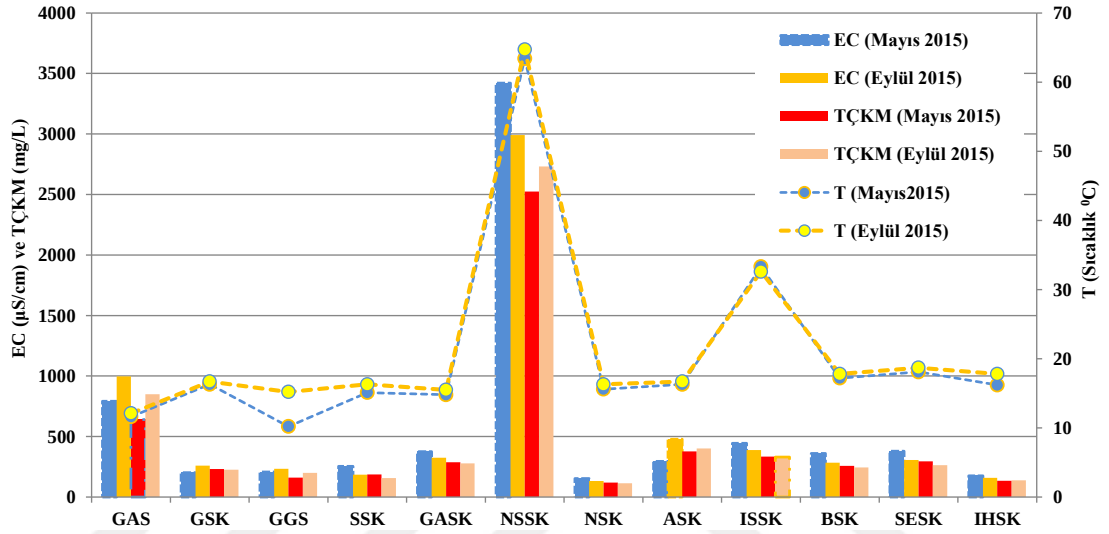
Sudaki karbonat ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken serbest mineral asitleri ve karbonik asit ise suyun asit özelliğini artırır (Hem, 1985). NSSK örnekleme noktasında en düşük pH değerlerinin gözlenmesinin nedeni yeraltı suyunda bulunan serbest karbondioksitin suda çözünerek hidrasyon sonucu karbonik aside dönüşmesidir. Bunun sonucunda su, çözücü ve aşındırıcı bir özellik kazanır. Aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellik pH değerine bağlıdır (Türker, 2006). İnceleme alanındaki sular pH ve sıcaklık değerlerine göre NSSK haricinde “hafif çözücü hafif kabuklaştırıcı bazik” özelliğe sahip “soğuk su” özelliğine sahiptir. NSSK ise pH değerlerine göre “çözücü asidik sıcak su” olarak sınıflandırılmıştır.

4.1.2 Elektriksel iletkenlik, EC

Elektriksel iletkenlik, sularda iyon içeriğini ve çözeltinin aktivitesini değerlendirmede sıklıkla kullanılan bir parametredir. Yeraltı sularının iletkenlik değerleri hidrolik dolaşım süreleri dolayısı ile su kayaç temas süreleri hakkında fikir verebilir. Dolaşım süreleri uzun olan yeraltı suları kayaçlarla daha çok temas edeceğinden dolayı iyon konsantrasyonları fazla olacaktır. İyon içeriğinin artması EC değerlerinin artmasına neden olur.

Su örneklerinin Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait EC değerleri incelendiğinde, en düşük değerler sırasıyla 154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 131.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak NSK su kuyusunda ölçülmüştür. Bu sonuç, NSK’nın su kayaç temas süresinin oldukça kısa olduğunu ve mevsimsel yağışlardan daha çok beslendiğini göstermektedir. En

yüksek değerler ise sırasıyla daha uzun hidrolik dolaşım sistemine sahip olan NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında 3420.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 2990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.3). İnceleme alanında NSSK diğer sulara oranla daha derin ve uzun dolaşım sistemine sahip olup, su kaynağı temas süresi en fazla olan su kaynağıdır. Bunun yanı sıra NSSK'nın 65 °C sıcaklığa sahip olması da su kaynağı etkileşimini artırarak EC değerinin yükselmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı en yüksek iyon içeriğine ve EC değerlerine sahiptir.



Şekil 4.3: Örneklem dönemlerine ait EC, sıcaklık ve TÇKM değerleri.

EC değerleri arasında gözlenen farklılığın nedeni, suların su - kaynağı temas sürelerinin, sıcaklıklarının farklı olması veya suların izlediği yol boyunca çözünürlükleri ve iyon içerikleri farklı kayalarla temas etmesidir. EC değerleri GAS, GSK, GGS ve ASK örneklem noktalarında kurak dönemde artış gösterirken diğer örneklem noktalarında ise düşme eğilimi göstermiştir. Su örneklerinin yağışlı dönemde daha yüksek EC değerlerine sahip olmaları farklı sularla karışımın bir nedeni veya yağışlardan gecikmeli beslenimin bir sonucu olabilir. Noktasal veya alansal kirlenmelerden etkilenerek kirlenmiş başka bir su kaynağının yeraltı sularına karışması da EC değerlerini artıran diğer bir faktördür.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre inceleme kapsamındaki yeraltı suları EC değerleri açısından NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının dışında genel olarak kullanılabilir ve iyi olarak sınıflandırılmıştır. NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı örneklem dönemleri boyunca şüpheli ve kullanılamaz olarak değerlendirilmiş ve üçüncü sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6: EC değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Güler, 1997).

EC (µS/cm)	Tanımlama	Mayıs	Eylül
0-250	Çok iyi	GSK-GGS-NSK-IHSK	GGS-SSK-NSK-IHSK
250-750	İyi	SSK-GASK-ASK-ISSK-BSK-SESK-	GSK-GASK-ASK-ISSK-BSK-SESK
750-2000	Kullanılabilir	GAS	GAS
2000-3000	Şüpheli	-	NSSK
> 3000	Kullanılmaz	NSSK	-

4.1.3 Toplam çözünmüş katı madde, TÇKM

Toplam çözünmüş katı madde, sularda doğal olarak bulunan veya atıklar sonucu sulara karışan askıda veya çözünmüş halde bulunan maddeler olarak tanımlanır. Sularda bulunan katı maddeler temel olarak üç sınıfta gruplandırılabilir. Bunlar; iyonlaşmamış maddeler, iyonlaşmış maddeler ve mikroorganizmalardır (Doğan, 1981).

Su örneklerinin TÇKM değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 örnekleme döneminde en düşük değer NSK su kuyusunda 119 mg/L, en yüksek değer ise NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında 2525.5 mg/L olarak ölçülmüştür. Eylül 2015 örnekleme döneminde ise en düşük ve en yüksek TÇKM değerleri NSK ve NSSK örnekleme noktalarında sırasıyla 113 mg/L ve 2732 mg/L olarak belirlenmiştir. Şekil 4.3 incelendiğinde TÇKM değerlerinin genel olarak EC değerlerine benzer bir dağılım içerdikleri gözlenmiştir.

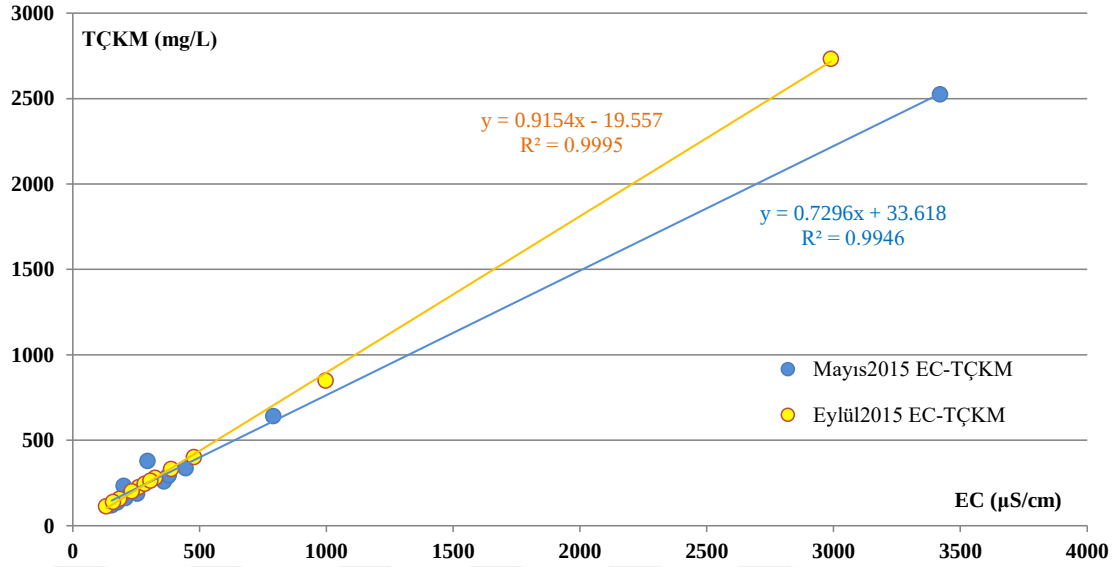
Fetter (1988) tarafından yapılan sınıflamaya göre bütün örnekleme dönemleri boyunca NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı acı su olarak tanımlanmıştır. Diğer su kaynakları ise tatlı su olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7: TÇKM değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Fetter, 2004).

Sınıflama	TÇKM (mg/L)	Mayıs	Eylül
Tatlı sular	< 1000	GAS-GSK-GGS-SSK-GASK-NSK-ASK-ISSK-BSK-SESK-IHSK	GAS-GSK-GGS-SSK-GASK-NSK-ASK-ISSK-BSK-SESK-IHSK
Acı sular	1000 - 10000	NSSK	NSSK
Tuzlu sular	10000 - 30000	-	-
Çok tuzlu sular	> 30000	-	-

Suyun EC değeri sudaki çözünmüş toplam madde (TÇKM) miktarı ile doğru orantılıdır (Şekil 4.4). Şekil 4.4 incelendiğinde Eylül 2015 örnekleme döneminde korelasyon çizgisi buharlaşmanın etkisi ile EC değerlerinden sapma gösterdiği

gözlenmiştir. TÇKM suların hidrolik dolaşım süresine, su – kayaç temas süresine, çözünürlük derecesine ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır.



Şekil 4.4: EC ve TÇKM arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir grafik.

4.1.4 Sertlik

Sertlik; sudaki iyonlardan kalsiyum, magnezyum, demir, mangan ve alüminyumun toplu etkisini gösteren bir terimdir. Suyun sertliği, ısıtılma esnasında uğrayacağı değişikliğe göre; geçici sertlik ve kalıcı sertlik şeklinde ikiye ayrılır (Doğan, 1981).

İnceleme kapsamındaki suların toplam sertlik değerleri incelendiğinde Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde en düşük değer NSK su kuyusunda sırasıyla 53.7 mg/L ve 78 mg/L, en yüksek değerler ise NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında 1030 mg/L ve 1419 mg/L olarak ölçülmüştür. Genel olarak kurak dönemde yağışların azalmasına ve buharlaşmaya bağlı olarak sertlik değerleri artış göstermiştir.

Doğan (1981) tarafından yapılan sınıflamaya göre Mayıs 2015 örnekleme döneminde NSK yumuşak su, GGS ve IHSK orta sertlikte su, NSSK çok sert su diğer su örnekleri ise sert su olarak tanımlanmıştır. Eylül 2015 örnekleme döneminde NSK, BSK ve GGS orta sertlikte sular, NSSK çok sert su ve diğer sular ise sert su olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8: Sertlik değerlerine göre su örneklerinin kalite sınıflandırması (Doğan, 1981).

Sertlik (CaCO ₃ mg/L)	Tanımlama	Mayıs	Eylül
0-75	Yumuşak	NSK	
75-100	Orta sertlikte su	GGs-IHSK	NSK-BSK-GGS
100-300	Sert su	GAS-SSK-GASK-ASK- ISSK-BSK-GSK-SESK	GAS-SSK-GASK-ASK-ISSK- GSK-SESK-IHSK
>300	Çok sert su	NSSK	NSSK

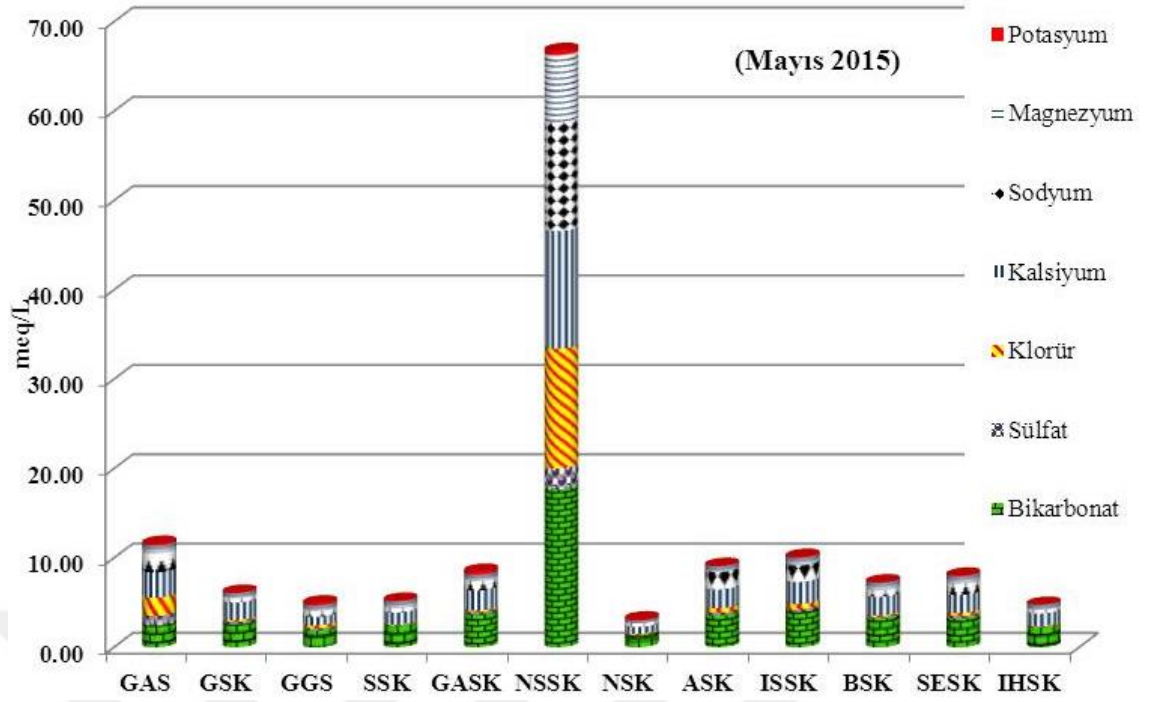
4.2 Suların Hidrojeokimyasal Özellikleri

Yağış suları, yer kürede düşey ve yatay hidrolik sistem boyunca dolaşım süreleri esnasında temas ettikleri kayaların bünyesinden çok sayıda negatif ve pozitif yüklü iyonları çözerek iyon açısından zenginleşirler. Bu sular çözdükleri iyonların bolluk değerlerine göre birbirlerinden farklı hidrojeokimyasal özellik kazanırlar. Su hidrolik sistem içindeki hareketi sırasında diğer farklı sularla değişik oranlarda karışarak kimyasal bileşimi değişebilir. Zamansal olarak değişen iklimsel ve jeolojik koşullar suyun kimyasında değişikliklere neden olabilir. Bir bölgedeki sulardan verimli olarak faydalanabilmek için su kaynaklarının kimyasal bileşimlerinin bilinmesi, sınıflandırılması ve zamansal değişimlerinin izlenmesi önemlidir.

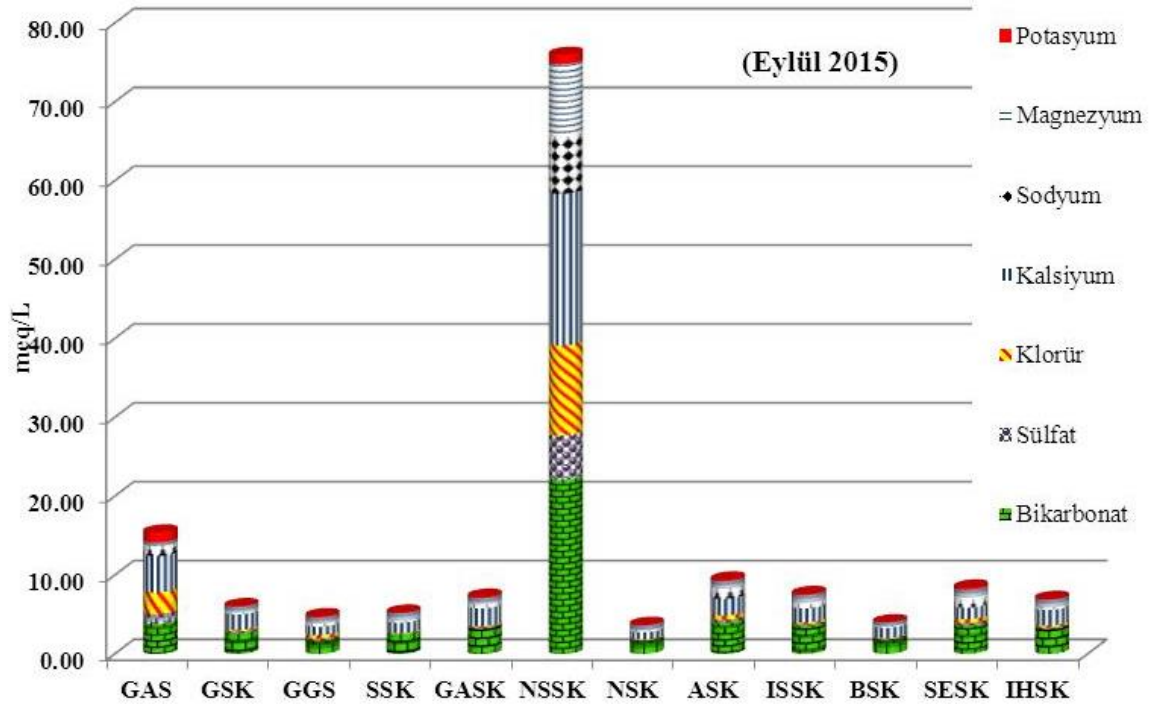
Bu çalışma kapsamında, Mayıs 2015 ve Eylül 2015 dönemlerinde 12 adet farklı su kaynağından alınan ve su kimyası analizleri gerçekleştirilen su örneklerinin fiziksel ve kimyasal su kalite parametreleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Söz konusu sulara ait Mayıs 2015 örnekleme dönemindeki bazı kimyasal parametrelerin değerleri; Cl⁻ 2.78 - 474, SO₄⁻² 2.83 – 113.5, HCO₃⁻ 82-1079, Ca⁺² 15.4 - 264, Na⁺ 8.71 - 282, Mg⁺² 3.71 – 90.55, K⁺ 0.91 - 18.5 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 4.5). Eylül 2015 örnekleme dönemindeki değerleri ise; Cl⁻ 2.82 404.3, SO₄⁻² 2.02 - 270.9, HCO₃⁻ 101.9 - 1347.7, Ca⁺² 17.64 - 384.8, Na⁺ 4.52 -166, Mg⁺² 5.35 - 111.8, K⁺ 0.76 - 46.4 arasında değişmiştir (Şekil 4.6).

Su örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde hakim katyonun Ca⁺², hakim anyonun ise HCO₃⁻ olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.9). Suların örnekleme dönemleri boyunca su tipi aynı kalmıştır. Mayıs 2015 örnekleme döneminde Na⁺ hakim 2. iyon iken Eylül 2015 örnekleme döneminde genel olarak Mg⁺² hakim 2. iyon olarak gözlenmiştir.



Şekil 4.5: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.



Şekil 4.6: Eylül 2015 örnekleme dönemine ait suların iyon değişimleri.

Çizelge 4.9: Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait iyon dizilimleri ve su tipleri.

İyon dizilimi	Su tipi	Mayıs	Eylül
$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$		GSK-BSK-IHSK	GSK-GASK-BSK
$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$	CaHCO ₃	SSK	GGs-SSK-NSSK-NSK-ISSK-SESK-IHSK
$\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{+2} / \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$		GASK	-
$\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{+2} / \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$		GGs-GAS-NSK-NSSK-ASK-ISSK-SESK	GAS-ASK

Örnekleme dönemleri boyunca su fasiyes tipleri genel olarak aynı kalmıştır. Kurak dönemde Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları daha fazla çözünmüş ve baskın konuma geçmişlerdir. İyon sıralamalarında gözlemlenen değişimlerin nedenleri mevsimsel gelişen yağışlar, yeraltı sularının dolaşım süresinin uzaması veya suların zengin sodyum içeren kayalarla teması sonucu iyon değişimi olabilir. Hidrolik sistemdeki farklı akiferlerin sularının birbirleriyle olan etkileşimi de zamansal iyon değişimini açıklayan diğer bir faktördür.

Sular sınıflandırılırken çözünmüş iyon miktarları dikkate alınır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması (1979)'a göre oranı %20 meq/L'den fazla olan iyonlar en büyük orana sahip olandan en küçük orana sahip olana doğru sıralanarak sınıflamaya katılır.

Mayıs 2015 örnekleme döneminde GSK-BSK-IHSK örnekleme noktalarının iyon bolluk (meq/l) dizilimleri $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$; GGs-GAS-NSK-NSSK-ASK-ISSK-SESK isimli suların iyon dizilimleri $\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Mg}^{+2} / \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$; GASK'ın iyon dizilimi ise $\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Mg}^{+2} / \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2}$ şeklinde gelişmiştir. GGs-NSK-NSSK-ISSK ve SESK' in iyon dizilimleri Eylül 2015 örnekleme döneminde ise $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) / \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$ şeklinde değişmiştir.

Yeraltı sularında gözlemlenen hakim katyon durumundaki Ca^{+2} iyon derişiminin kaynağı olarak Orta Anadolu Metamorfikleri'ne ait mermerler, Mezgit formasyonuna ait jips ve anhidritlerle olan su kayaç teması gösterilebilir.

Yeraltı sularında gözlemlenen hakim anyon durumundaki HCO_3^- iyon derişiminin kaynağı olarak Orta Anadolu Metamorfikleri'ne ait mermerler ve bölgede yaygın çökelimi gözlenen güncel kireçtaşları ile olan su kayaç etkileşimi gösterilebilir.

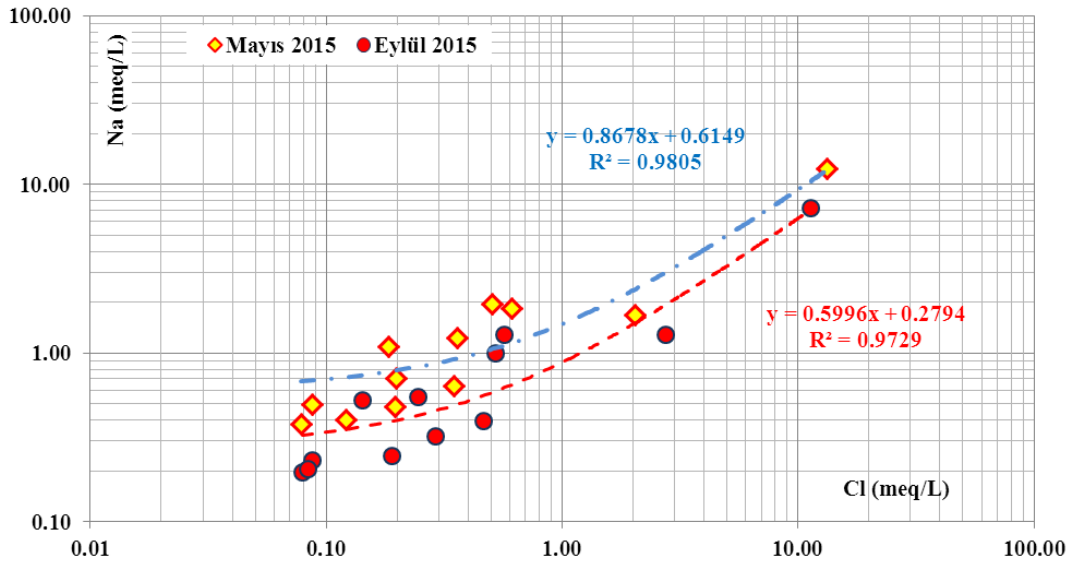
İnceleme alanındaki sulara gözlenen Na^+ iyonunun kaynağı olarak evaporitik kayalarla olan su kayaç etkileşimi veya bölgede yaygın olarak gözlenen granit, tüf ve kıltaşları ile etkileşim sırasındaki Na^+ ile Ca^{+2} arasında gerçekleşen iyon değişimi gösterilebilir. Na^+ inceleme alanının güneyinde geniş yayılım gösteren tüf, ignimbirit gibi Hasandağı volkanizması ürünlerindeki plajiyoklazların bozulması sonucu da zenginleşmiş olabilir (Afşin vd., 2007).

Yeraltı sularının çoğunluğunda gözlemlenen ikincil anyon durumundaki Cl^- iyon miktarının kaynağı olarak evaporatik kayaların özellikle halitin çözünmesi gösterilebilir.

Yeraltı sularında gözlenen Mg^{+2} bölgede gözlenen dolomit ve serpantinli seviyeler ile temas süresince veya Orta Anadolu Granitoyitleri'ndeki olivin, biyotit gibi minerallerin çözünmesi sonucu yeraltı sularında zenginleştiği düşünülmektedir. Genelde negatif yüklü iyon diziliminde üçüncü sırada yer alan SO_4^{-2} iyonu ise Mezgit formasyonu içerisinde görülen beyaz - gri renkli jipsli ve anhidritli birimler ile su - kayaç etkileşimine bağlı olarak yeraltı sularına geçtiği düşünülmektedir.

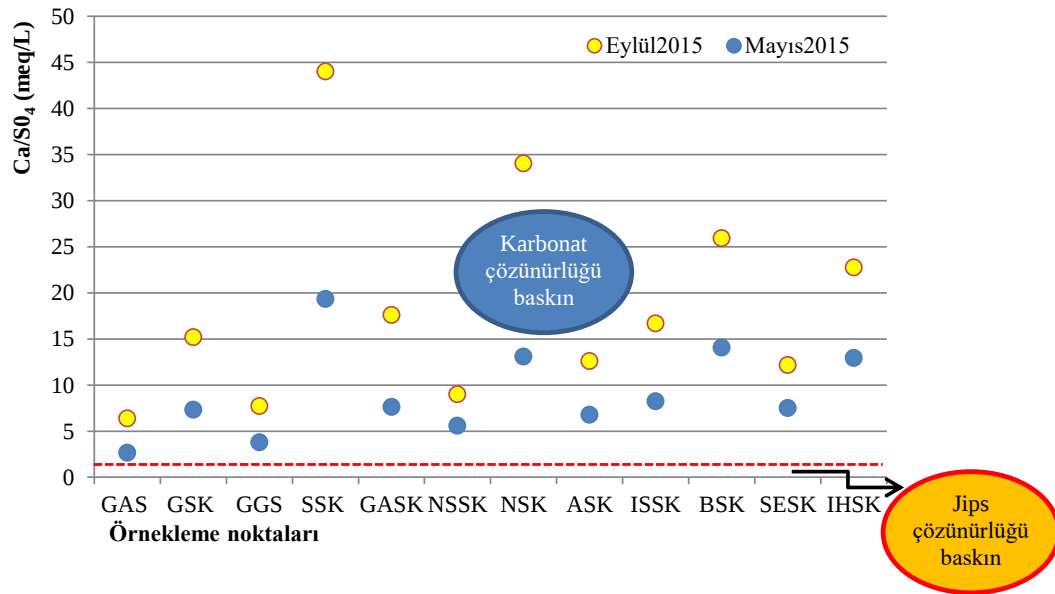
İnceleme kapsamındaki suların Na^+/Cl^- oranı değerlendirildiğinde GAS ve NSSK su kaynaklarının 1'in altında, diğer su kaynaklarının ise 1'den yüksek çıkan değerler aldıkları belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bu sonuç, GAS ve NSSK haricindeki su kaynaklarında Na^+ 'un silikat ayrışması sonucu yeraltı sularında zenginleştiğini göstermektedir (Mayback, 1987; Garcia vd., 2001). GAS ve NSSK su kaynaklarında ise Na^+ iyonunun bir kısmının halit, jips türü evaporitik kayaların çözünmesine bağlı olarak sulara geçtiği ancak süreçte silikat ayrışması sonucu Na^+ ve Cl^- zenginleşmesinin daha baskın olduğu söylenebilir.

Na^+ ve Cl^- değerleri arasındaki bağıntı incelendiğinde iyonların her iki örnekleme döneminde benzer dağılım gösterdikleri görülmektedir (Şekil 4.7). Kurak dönemde Na^+ değerlerinin yağışlı döneme oranla azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuç hidrolik sistemde çözünme farklılıkları yaşanmadığı fakat iyonlar arasında bir iyon değişimi veya buharlaşmanın yeraltı suları üzerinde etkisi olabileceğini gösterir. Na^+ ve Cl^- iyon değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemleri için sırası ile 0.98 ve 0.97 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.7: İnceleme alanındaki suların Na^+/Cl^- grafiği.

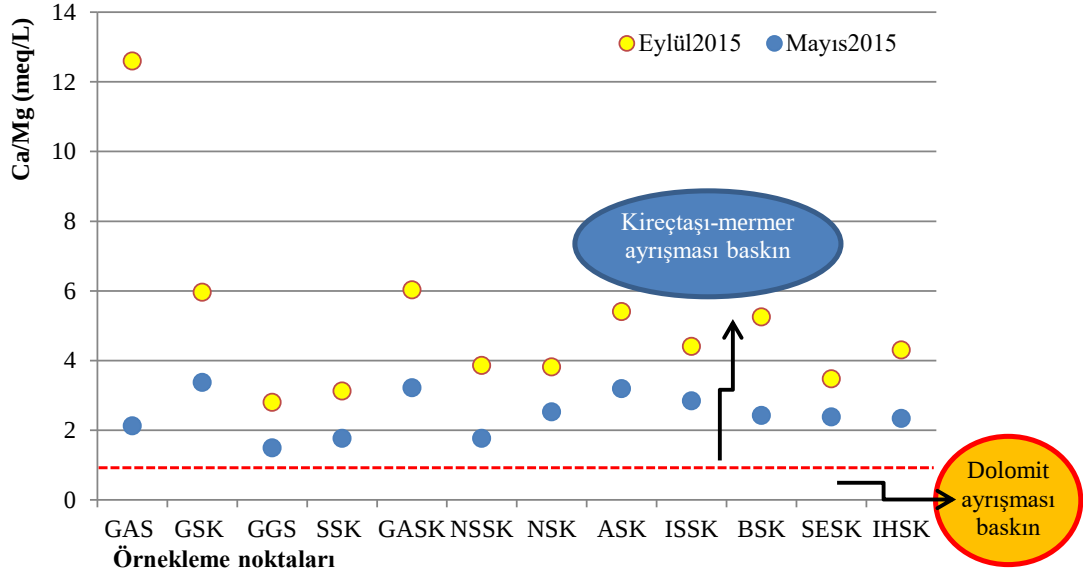
Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonlarının birbirlerine oranları incelendiğinde heterojen bir dağılım gözlenir (Şekil 4.8). Grafik incelendiğinde $\text{Ca}/\text{SO}_4^{-2}$ oranının tamamının 1 değerinin üzerinde olması jips çözünürlüğünün olmadığı Ca^{+2} iyonunun baskın olarak karbonatlı kayaçların çözünmesi sonucu sulara zenginleştiğini gösterir.



Şekil 4.8: İnceleme alanındaki suların $\text{Ca}^{+2}/\text{SO}_4^{-2}$ grafiği.

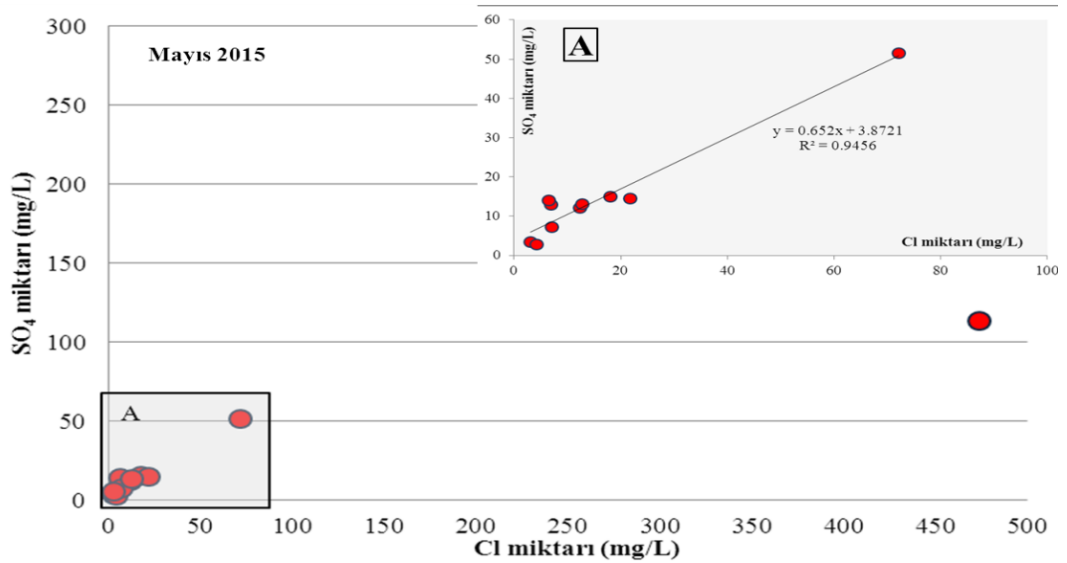
Yeraltı sularında $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ iyon oranları kalsit ve dolomit çözünürlüğünün baskınlığını gösteren bir değerdir. Eğer $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2} = 1$ ise dolomit çözünürlüğü, 1'den yüksek bir değer almışsa kalsit katılımını gösterir. 2'den büyük ise yeraltı suyundaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının silikat minerallerinin ayrışması sonucu zenginleştiğini gösterir (Bozdağ, 2010). İnceleme alanındaki sularında genel olarak

$\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2} = 1$ çizgisinin üzerinde yer aldıkları görülür (Şekil 4.9). Suların büyük kısmı ise 2 değerinin üzerindedir. Bu değer suların büyük çoğunluğunda kireçtaşı mermer türü karbonatlı kayaçların çözünmesinin baskın olduğunu gösterir. Sular ise hidrolik dolaşım süreleri boyunca dolomitik kayaçlarla temas etmemişlerdir.



Şekil 4.9: İnceleme alanındaki suların $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ grafiği.

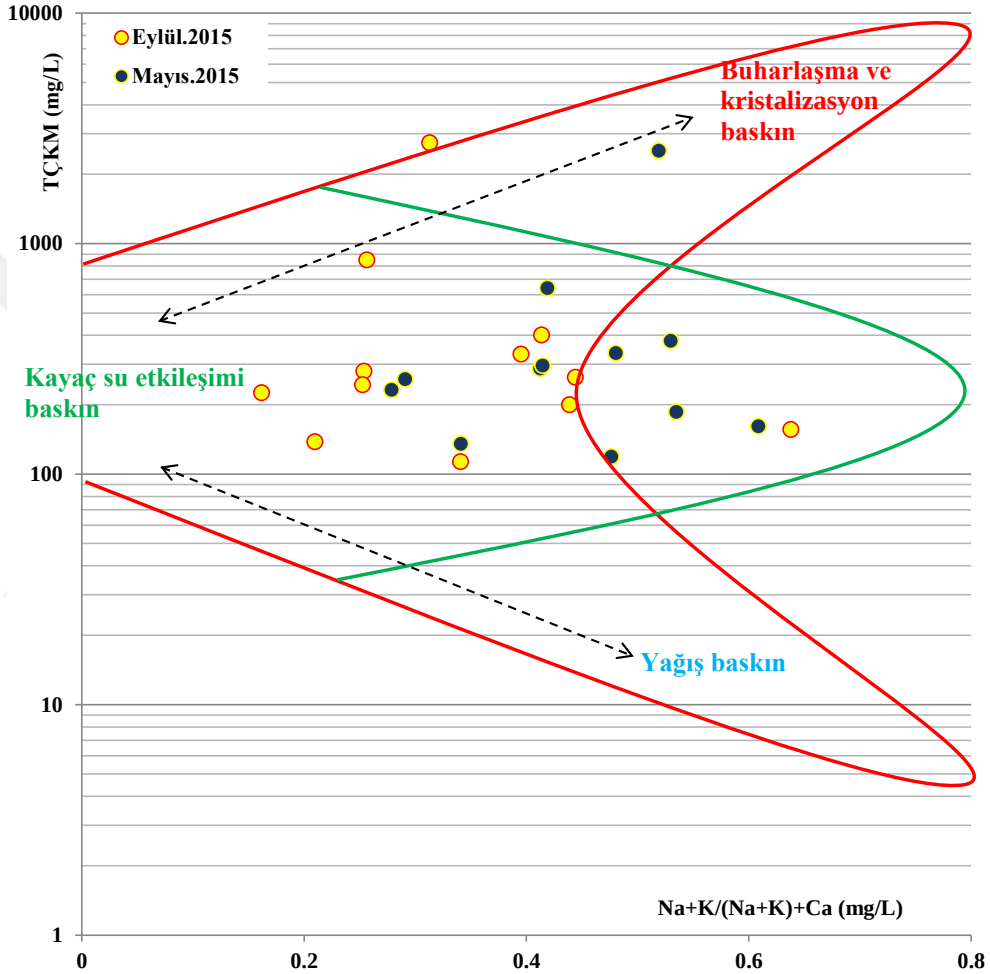
İnceleme kapsamındaki sular, SO_4^{-2} ve Cl^- iyonları açısından değerlendirildiğinde yeraltı sularının bir kısmının sülfat zenginleşmesine uğradıkları söylenebilir. Bu sonuç yeraltı sularının çözdüğü evaporitik kayaçların bir kısmının jips veya anhidrit türü kayaçlar olduğunu göstermektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait SO_4^{-2} - Cl^- grafiği.

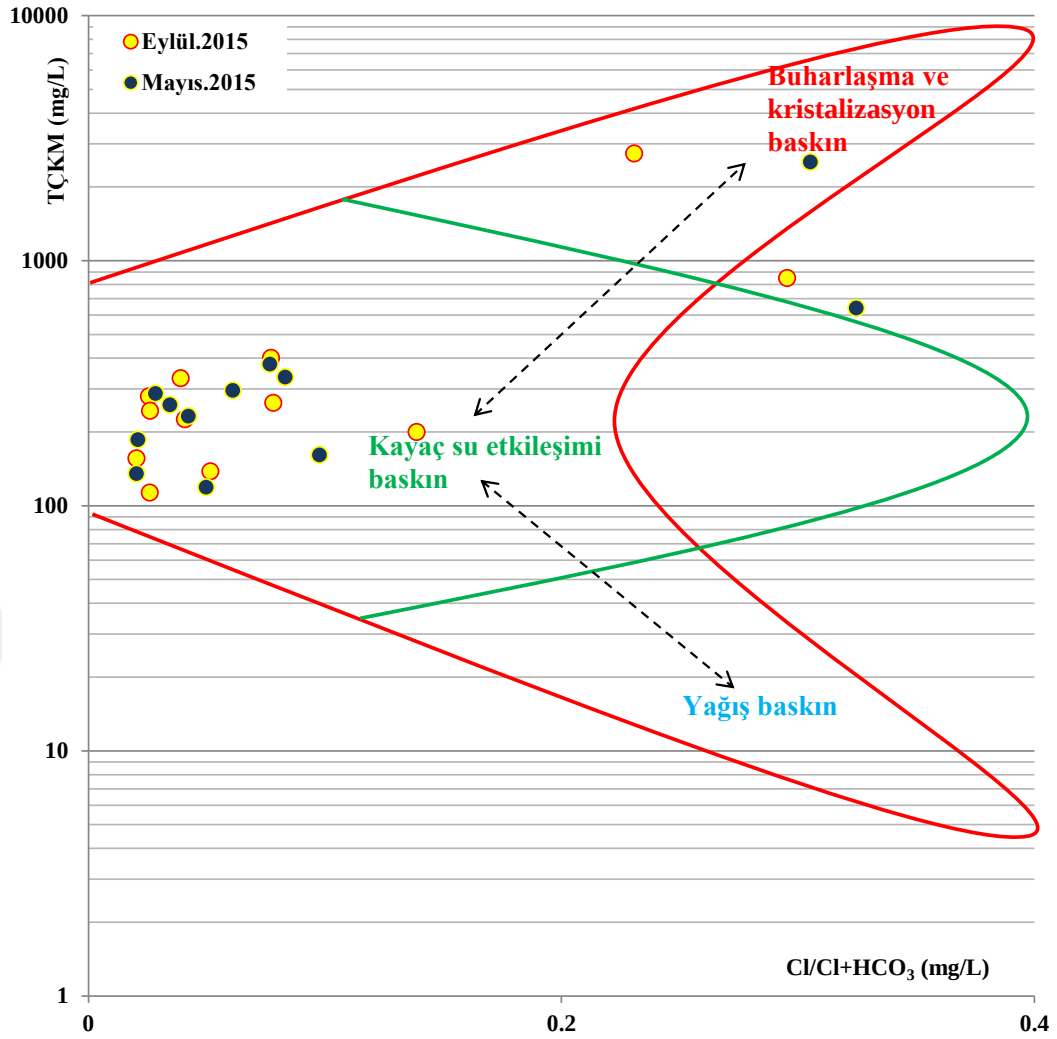
SO_4^{-2} ve Cl^- değerlerinin birbirlerine oranlarını gösterir korelasyon çizgisinin sağında yer alan sularda ise sülfat indirgenmesi olabilir. Her iki örnekleme döneminde de bazı yeraltı sularının en düşük iyon içeriklerinin SO_4^{-2} iyonu olması bu suların sülfat indirgenmesine uğramış olabileceklerinin diğer bir kanıtıdır.

Gibbs (1970) diyagramı, buharlaşma, yağış ve kayaç-su etkileşimi arasındaki ilişkiyi yorumlayan bir grafiktir. TÇKM ile hakim anyon ve katyonların birbirleri içerisindeki oranlarını karşılaştırır (Şekil 4.11, Şekil 4.12).



Şekil 4.11: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (a).

İncelenen yeraltı sularına ait Gibbs grafiğinde sularda gözlenen katyon ve anyon içeriklerinin daha çok su kayaç etkileşimi ile baskın olarak zenginleştiği ve bu süreçte buharlaşma ve kristalizasyonun etkisinin az olduğu söylenebilir. Buharlaşma ve kristalizasyonun etkisini gösterdiği alanda yoğunlaşan su NSSK sıcak ve mineralli su kaynağıdır. Özellikle anyonların çözünmesinde su kayaç etkileşiminin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12: İnceleme alanındaki suların Gibbs (1970) grafiği (b).

4.3 Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Bu bölümde yeraltı sularının hidrolik dolaşım süresi boyunca kazandıkları hidrojeokimyasal özellikler, bu özelliklerin zamansal değişimleri ve litolojik ilişkiler üçgen (Piper) ve yarı logaritmik (Schoeller) diyagram gibi hidrojeolojik grafikler yardımı ile incelenmiştir.

Jeotermal potansiyeli açısından, inceleme alanı ve çevresindeki en önemli su kaynağı olan NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı önceki yıllarda birçok araştırmacı tarafından da araştırılmıştır. NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının zamansal su kimyası değişim sonuçlarını değerlendirebilmek için farklı araştırmacılara ait eski tarihli analiz sonuçları da değerlendirilmiştir. Yüce (2007), Burçak (2003), Duru (2005) ve Toroğlu ve Ceylan (2009) tarafından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen su kimyası analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

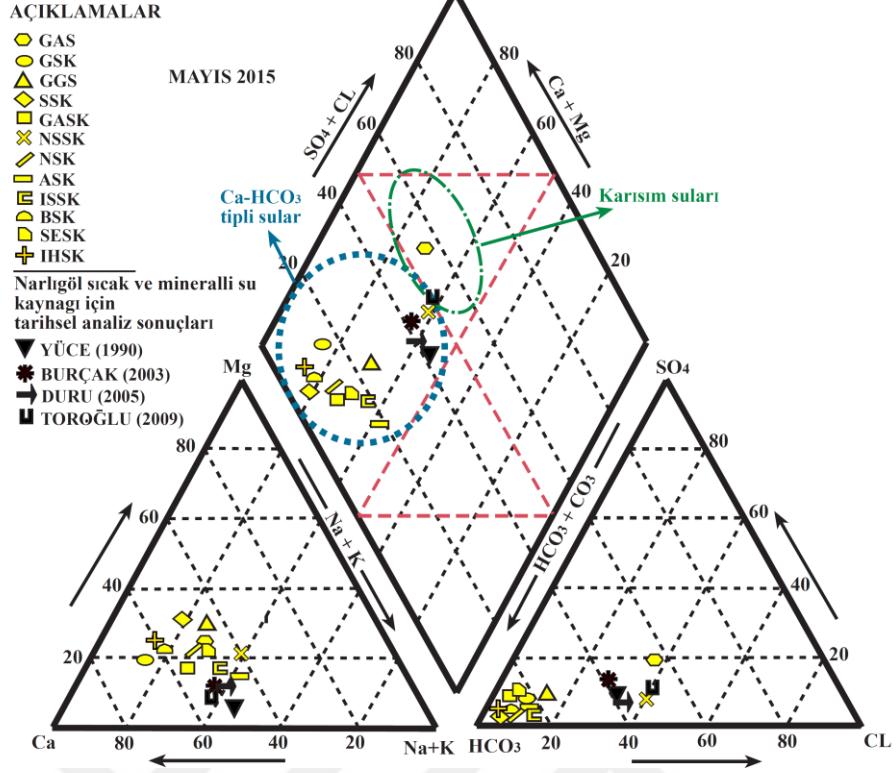
Çizelge 4.10: NSSK sıcak ve mineralli su kaynağına ait önceki dönem su kimyası analiz sonuçları.

Parametreler	Yıl	Ay	T	pH	EC	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	δ ¹⁸ O	δ ² H	³ H
Araştırmacı			°C		µS/cm				meq/L				‰	‰	(TU)
Galip YÜCE	1990	Mayıs	65	6,2	-	7,7	2,6	15	9,20	8,17	0,90	1,70	-	-	-
	1998	Temmuz	65	6,0	2781	10	4,4	9,61	9,54	8,02	5,37	2,20	-10,10	-73,90	2,10
Musa BURÇAK	2003	Ekim	65	7,1	2900	8,42	3,33	8,80	4,60	8,46	4,03	1,69	-11,5	-76,39	1,95
Gökçen DURU	2005a	Mayıs	61	6,4	5500	10,11	2,35	17,48	14,31	11,77	3,76	1,37	-11,41	-76,94	1,49
	2005b	Kasım	40	6,3	3200	9,63	2,40	17,03	14,36	9,92	3,85	1,86	-11,16	-71,72	1,49
Emin TOROĞLU ve Serdar CEYLAN	2009	Mayıs	65	6,5	2620	12,70	2,66	16,10	16,15	11,41	3,50	0,40	-	-	-
Bu çalışma	2015a	Mayıs	63	6,7	3420	13,36	2,36	17,69	13,19	12,26	7,45	0,47	-	-	-
	2015c	Eylül	65	6,7	2990	22,09	11,39	5,64	19,24	7,22	9,20	1,19	-	-	-

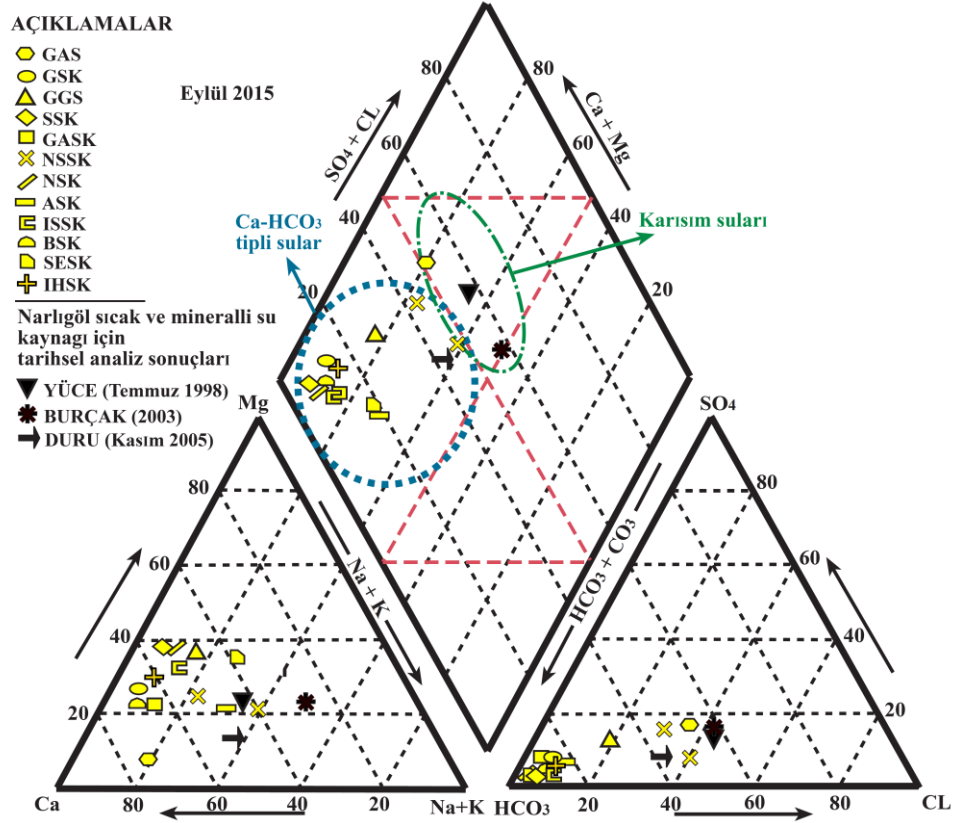
Piper diyagramı, iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşan şekilden meydana gelmiştir. Üçgenlerden birisi anyonları diğeri ise katyonları gösterir. Piper diyagramının en önemli avantajı; Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir.

İnceleme kapsamındaki yeraltı sularının Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait Piper diyagramları Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’da verilmiştir. Mayıs 2015 örnekleme döneminde GAS hariç diğer suların tamamı diyagramın 5. bölgesinde yer almışlardır (Şekil 4.13). Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca-HCO₃ tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO₃ fasiyesi göstermeleri suların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli veya benzer bir akiferden beslendiklerini gösterir. Yağışlı dönemde GAS diyagramın hiçbir iyonu % 50’yi geçmeyen 9. bölgesinde gruplanmıştır. Bu sular sodyum, kalsiyum, bikarbonatlı, klorürlü karışım sularıdır. Farklı tipte su fasiyeslerinin birbirleriyle karışması sonucu meydana gelen karışım suları, yağışların azalması, su - kayaç temas süresinin uzaması, iyon değişimi gibi etkenlerden dolayı diğer örnekleme dönemlerinde diyagramın farklı bölgelerinde yer alabilir.

Eylül 2015 örnekleme döneminde ise 9. bölgede sadece GAS yer almıştır. Yağışlı dönemde 5. bölgede bulunan diğer sular kurak dönemde yine 5. bölgede gruplanmıştır (Şekil 4.14).

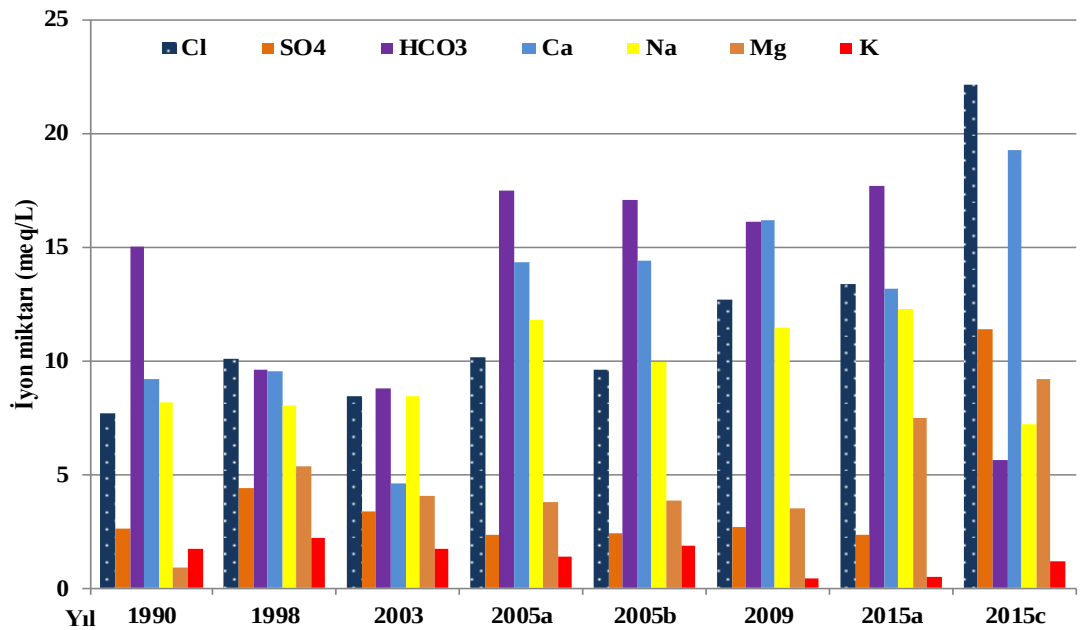


Şekil 4.13: İncelenen suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.

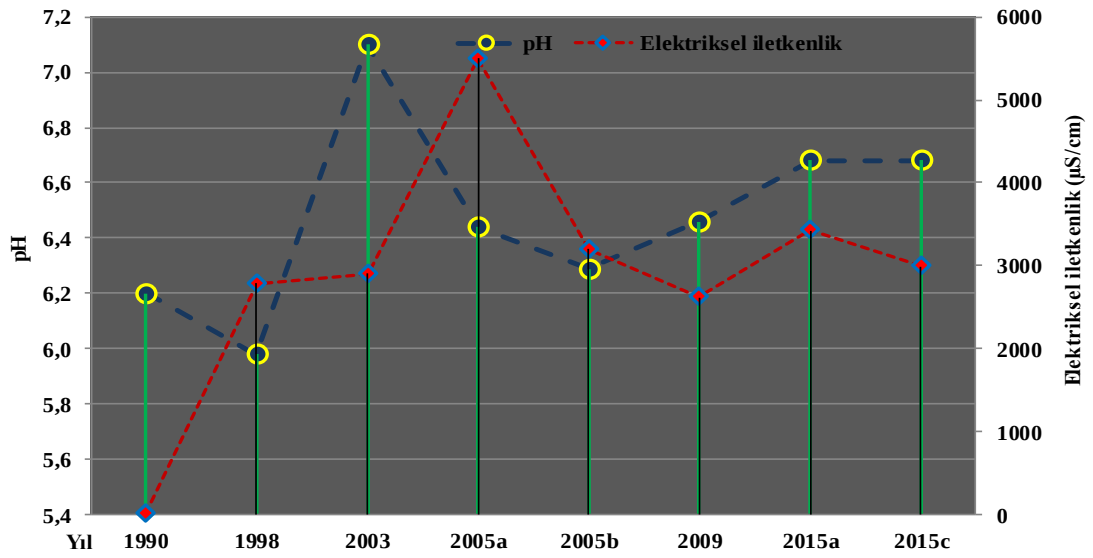


Şekil 4.14: İncelenen suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait Piper diyagramı.

Burçak (2003) ve Yüce (2007) tarafından kurak dönemde yapılan analizlerde NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen 9. bölgesinde gruplanmıştır. Farklı dönemlerde gerçekleştirilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının kendinden daha genç daha soğuk yeraltı suları ile farklı oranlarda karıştığı söylenebilir. Analiz sonuçlarındaki yüksek sülfat artışı son dönemlerde gözlenen toplu balık popülasyonunun yok olmasını da açıklayabilir. Bölgede oluşan sismik aktiviteler sonrasında gelişen tektonik hatlar boyunca yükselen hidrojen sülfür ve kükürt di oksit gazlarının etkisiyle göl içerisinde bulunan ekolojik yaşam zarar görmüş olabilir. NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının geçmiş dönemlerde yapılan analiz sonuçlarına göre kaynağın su tipi CaHCO_3 olarak belirlenmiştir. Sadece Burçak (2003) tarafından yapılan analizlerde diğer Na^+ iyonunun Ca^{+2} iyonundan daha baskın olduğu ve suyun kimyasının CaHCO_3 dan NaHCO_3 a geçiş gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.15). Duru (2005) tarafından ölçülen EC değerlerinin $5500 \mu\text{S}/\text{cm}$ gibi çok yüksek değerler alması 2003-2005 zaman aralığında Na^+ ve Cl^- değerlerinin diğer iyonlara oranla arttığını göstermiştir (Şekil 4.16). 2003 yılı sonrasında toplam iyon miktarının önemli ölçüde arttığı da tespit edilmiştir. Zamansal su kimyası değişimlerinde farklı araştırmacılar tarafından yapılan analiz sonuçları kullanıldığı için örnekleme noktası veya analiz sonucu hataları olabilir. NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının zamansal olarak farklı oranlarda soğuk sularla karışması da bu değişimlerin nedeni olabilir (Çizelge 4.10).



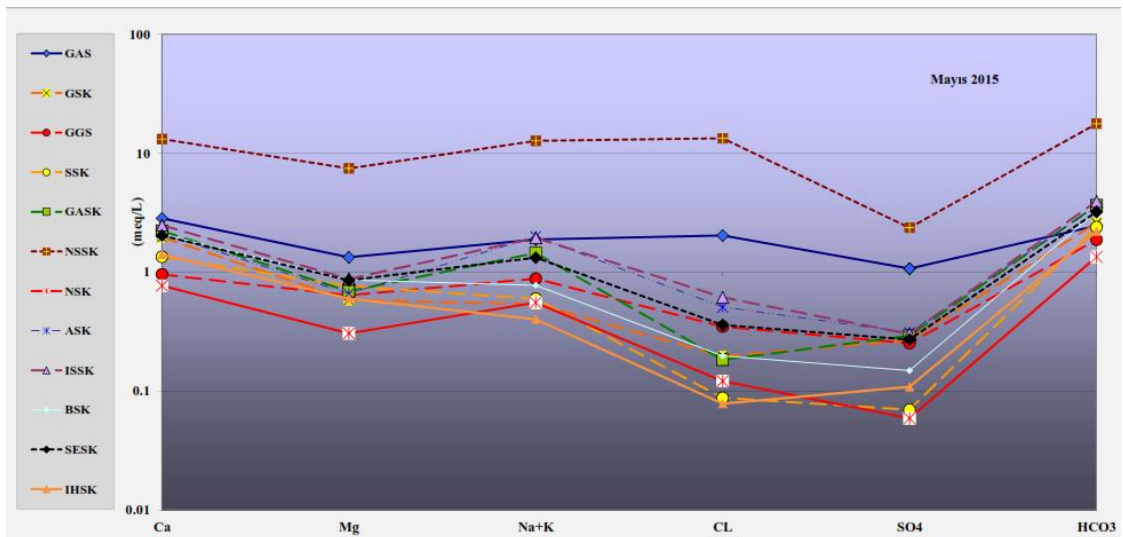
Şekil 4.15: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için zamansal iyon dağılım grafiği.



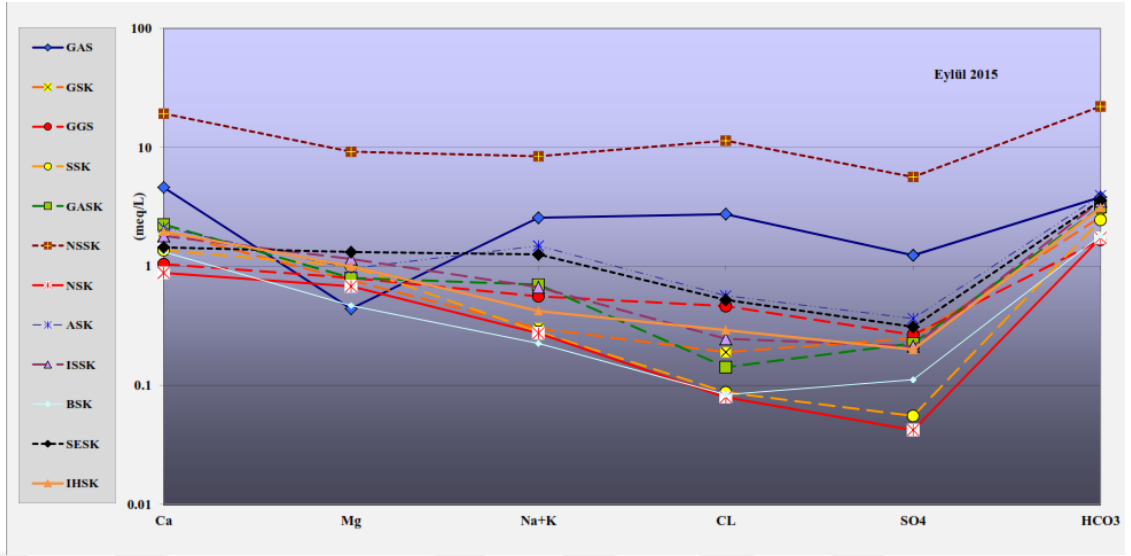
Şekil 4.16: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için zamansal pH ve EC dağılım grafiği.

Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramındaki dağılımları incelendiğinde; NSSK ve ISSK' nin ASK, SESK ve GGS' nin SSK ve GAS'nun kendi aralarında benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları ve birbirleri ile paralel dizilim göstermeleri bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir (Şekil 4.17, Şekil 4.18).

NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının grafiğin üst kısmında yer alması, bu suların diğer sulara oranla daha uzun dolaşım sistemine dolayısıyla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahip olduğunu gösterir. Grafiğin alt kısmında yer alan NSK-SSK ve BSK ise, daha genç, beslenme alanına daha yakın ve daha sık dolaşım sistemine sahiptir.



Şekil 4.17: İnceleme alanındaki suların Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.



Şekil 4.18: İnceleme alanındaki suların Eylül 2015 örnekleme dönemine ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı.

Grafikte NSK-SSK-IHSK-SESK ve NSSK'da SO_4^{2-} iyonunun diğer iyonlara oranla en düşük olması bu sulara sülfat indirgenmesi olabileceğini gösterir. Dolayısı ile bu sulara alg veya diğer mikroorganizma faaliyetlerinin daha yoğun olduğu düşünülebilir. GAS ve GGS'de Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki farkın fazla olmasının nedeni bu sulara yeraltı dolaşım süreleri boyunca kilerle uzun süre temas etmelerine bağlı baz değişimi olabilir. Na^+ ve Cl^- değerleri dolaşım süresi ile orantılı olarak artmıştır.

4.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması

Langelier (1942) tarafından önerilen bu yöntem sayesinde suların kapalı bir ortamda CO_2 kaybı olmaksızın, sulara çökebilecek veya yeniden çözünebilecek mineraller doygunluk indeksi metoduyla hesaplanabilir ve suların hidrojeokimyasal ortamları hakkında yorum yapılabilir.

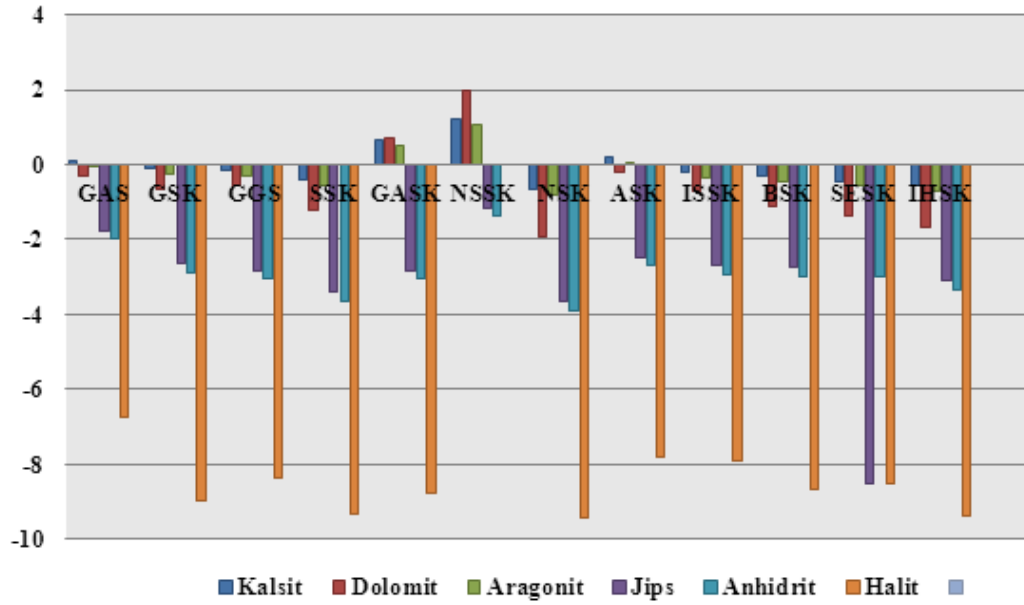
İncelenen yeraltı sularının anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips, halit gibi minerallerinin doygunluk durumları incelendiğinde, söz konusu suların bütün örnekleme dönemleri boyunca jips, halit ve anhidrite doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir (Çizelge 4.11). GASK-ASK ve NSSK Eylül 2015 örnekleme döneminde aragonitçe doygun olup, aragoniti çökeltebilme, diğer sular ise doygun olmayıp aragoniti çözebilme özelliğine sahiptir.

Çizelge 4.11: Suların Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait doygunluk indisi değerleri.

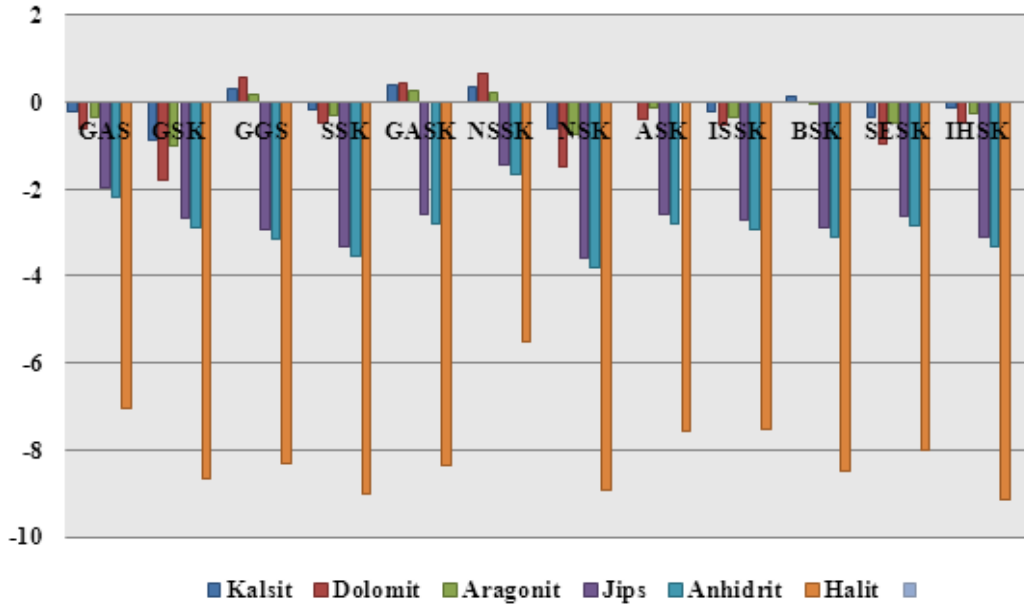
Numune Adı	Kalsit	Dolomit	Aragonit	Jips	Anhidrit	Halit
<u>Eylül 2015</u>						
GAS	0.09	-0.31	-0.06	-1.77	-1.99	-6.76
GSK	-0.10	-0.68	-0.25	-2.65	-2.87	-8.98
GGs	-0.16	-0.58	-0.30	-2.84	-3.06	-8.37
SSK	-0.39	-1.22	-0.54	-3.41	-3.63	-9.33
GASK	0.65	0.69	0.51	-2.83	-3.05	-8.76
NSSK	1.20	1.96	1.05	-1.14	-1.35	-6.86
NSK	-0.68	-1.94	-0.82	-3.66	-3.88	-9.43
ASK	0.22	-0.18	0.07	-2.49	-2.71	-7.79
ISSK	-0.19	-0.69	-0.33	-2.70	-2.92	-7.93
BSK	-0.32	-1.12	-0.46	-2.75	-2.97	-8.67
SESK	-0.44	-1.35	-0.58	-8.52	-2.98	-8.52
IHSK	-0.56	-1.69	-0.70	-3.10	-3.32	-9.39
<u>Mayıs 2015</u>						
GAS	-0.21	-0.62	-0.36	-1.98	-2.20	-7.04
GSK	-0.86	-1.78	-1.00	-2.65	-2.87	-8.68
GGs	0.30	0.56	0.16	-2.92	-3.14	-8.29
SSK	-0.17	-0.46	-0.32	-3.34	-3.56	-9.00
GASK	0.40	0.43	0.26	-2.57	-2.79	-8.35
NSSK	0.35	0.67	0.20	-1.45	-1.67	-5.53
NSK	-0.61	-1.49	-0.75	-3.58	-3.80	-8.94
ASK	-0.00	-0.38	-0.15	-2.57	-2.79	-7.57
ISSK	-0.22	-0.54	-0.36	-2.73	-2.95	-7.51
BSK	0.13	0.01	-0.02	-2.88	-3.10	-8.50
SESK	-0.35	-0.94	-0.49	-2.63	-2.85	-8.00
IHSK	-0.13	-0.49	-0.27	-3.12	-3.34	-9.16

Kurak dönemde GASK ve NSSK dolomitçe doygun olup, çökeltebilme diğer sular ise doygun olmayıp çözebilme, GAS-GASK-NSSK ve ASK kalsite doygun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir (Şekil 4.19).

Yağışlı dönemde GGS-GASK ve NSSK kalsit, aragonit ve dolomitçe doygun olup, bu mineralleri çökeltebilme, jips, anhidrit ve halitçe doygun olmayıp bu mineralleri çözebilme özelliğine sahiptir (Şekil 4.20). BSK sadece kalsit ve dolomitçe doygun olup, diğer minerallerce doygun değildir. Diğer sular ise kalsit, dolomit, aragonit, jips, anhidrit ve halitce doygun olmayıp bu mineralleri çözebilme özelliğine sahiptir.



Şekil 4.19: Eylül 2015 örnekleme dönemine ait doymunluk indisleri değeri.



Şekil 4.20: Mayıs 2015 örnekleme dönemine ait doymunluk indisleri değeri.

4.5 Suların Sulama Suyu Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

İnceleme alanı bölgenin en önemli tarım alanlarından birisidir ve inceleme kapsamındaki sular zaman zaman sulama amacı ile kullanılabilir. Bundan dolayı suların sulama özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Yeraltı sularının sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde %Na, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), ABD Tuzluluk Laboratuvarı (US, 1954) ve Wilcox (1955) diyagramları kullanılmıştır.

Sulama sularının değerlendirilmesinde yaygın olarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı kullanılır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı’nda yatay eksen suların EC (elektriksel iletkenlik) değerini düşey eksen ise SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değerini vermektedir. SAR değeri, direkt olarak sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi ile ilgilidir ve sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi (Şahinci, 1991). Diyagram 16 bölmeden oluşmaktadır ve bölmeleri ifade eden terimlerle suların sınıflandırılması yapılmıştır. Su kaynaklarının SAR ve %Na değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12: İnceleme kapsamındaki suların SAR, EC ve %Na değerleri.

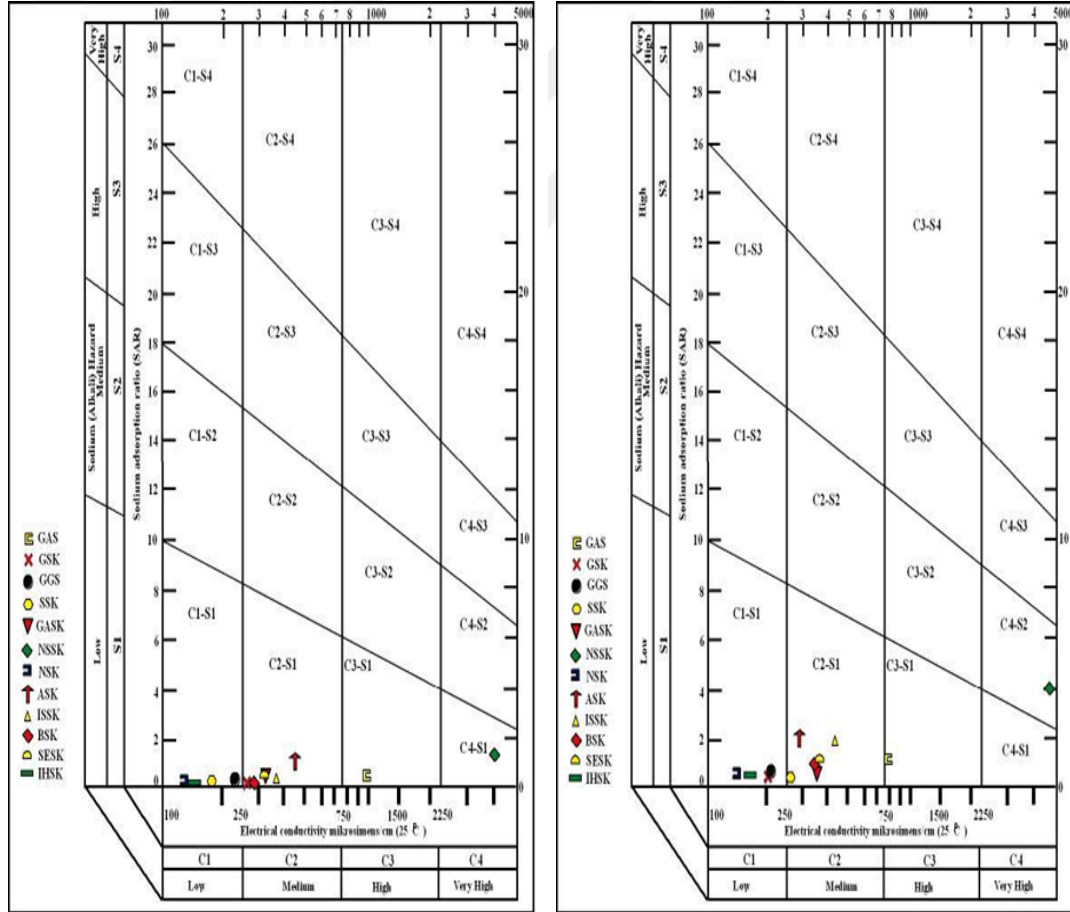
Örnek Adı	EC (µS/cm)	%Na	SAR
GAS Eylül	997	16.95	0.81
GAS Mayıs	791	25.17	1.46
GSK Eylül	260	7.94	0.21
GSK Mayıs	201	12.40	0.38
GGs Eylül	233	16.25	0.41
GGs Mayıs	208	25.60	0.71
SSK Eylül	183.9	8.67	0.21
SSK Mayıs	254	18.14	0.48
GASK Eylül	325	13.90	0.43
GASK Mayıs	375	24.77	0.90
NSSK Eylül	2990	19.56	1.92
NSSK Mayıs	3420	36.61	4.08
NSK Eylül	131.9	10.43	0.22
NSK Mayıs	154	24.22	0.57
ASK Eylül	478	30.67	1.03
ASK Mayıs	295	46.27	2.02
ISSK Eylül	388	16.75	0.45
ISSK Mayıs	445	44.03	2.08
BSK Eylül	284	8.26	0.20
BSK Mayıs	360	18.18	0.58
SESK Eylül	306	24.37	0.84
SESK Mayıs	379	28.21	1.03
IHSK Eylül	159	21.7	0.26
IHSK Mayıs	175	20.8	0.38

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre yağışlı dönemde GGS-SSK-NSK-IHSK “az tuzlu az sodyumlu”, GSK-GASK-ASK-BSK-ISSK-ve SESK “orta derecede tuzlu az sodyumlu”, GAS “fazla tuzlu az sodyumlu”, NSSK “çok fazla tuzlu az sodyumlu” su olarak sınıflanmıştır (Çizelge 4.13). Kurak dönemde çok fazla bir değişiklik olmamakla birlikte SSK yağışların azalmasına bağlı olarak “orta tuzlu az sodyumlu” sulama suyu sınıfına, GSK ise “az tuzlu az sodyumlu” sulama suyu sınıfına dönüşmüştür. NSSK “çok fazla tuzlu az sodyumlu” sulardır. Bu suların

tarımsal amaçlı kullanımları ekonomik zararlara yol açacağından dolayı tarımsal sulamada kullanılması uygun değildir (Şekil 4.21).

Çizelge 4.13: İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması (US, 1954).

Sınıf	Tanımlama	Mayıs	Eylül
C1-S1	Az tuzlu az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun	GGG-SSK-NSK-IHSK	GSK-GGS-NSK-IHSK
C2-S1	Orta derecede tuzlu az sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun	GSK-GASK-ASK-ISSK-BSK-SESK	SSK-GASK-ASK-ISSK-BSK-SESK
C3-S1	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun	GAS	GAS
C4-S1	Çok fazla tuzlu az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun	NSSK	NSSK

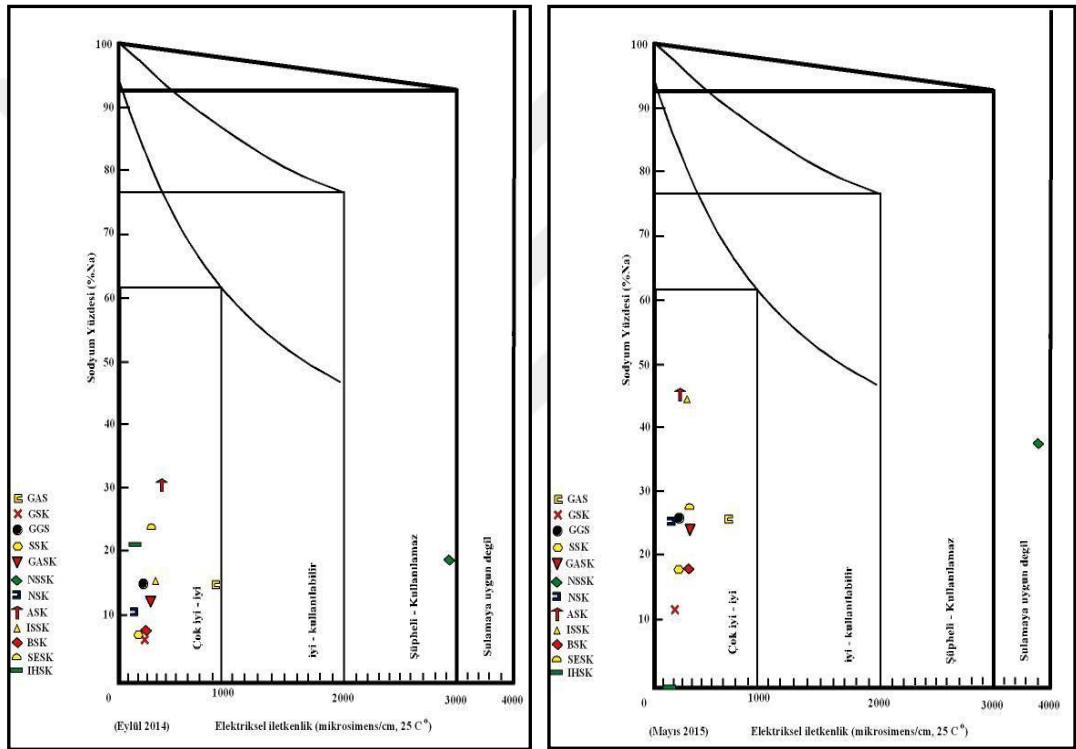


Şekil 4.21: Sulara ait Eylül 2015-Mayıs 2015 örnekleme dönemlerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı.

Suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diğer bir diyagram Wilcox (1955) diyagramıdır. Wilcox

diyagramı suyun 25 °C'deki elektriksel iletkenliğine ve sodyum yüzdesi değerine göre düzenlenmiştir. Diyagramda sular “çok iyi – iyi”, “iyi – kullanılabilir”, “şüpheli – kullanılabilir”, “şüpheli – kullanılamaz”, “sulamaya uygun değil” şeklinde sınıflandırılabilir.

Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan numunelerden yapılan analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox Diyagramı'nda NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı şüpheli-kullanılamaz sınıfına girerken diğer sular her iki örnekleme döneminde çok iyi - iyi kullanılabilir sulama suyu sınıfında yer alırlar. Bu sular sulama işleminde hiç bir işlem yapılmadan kullanılabilir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Eylül 2014-Mayıs 2015 örnekleme dönemlerine ait Wilcox (1955) diyagramı.

Bir suyun tuz yoğunluğu zaman içerisinde farklı nedenlerden dolayı artış gösterebilir. Su yeraltında hareketi sırasında farklı kayaçlarla temas ederek yeni tuzlar çözebilir veya buharlaşmanın bir sonucu olarak suyun birim hacmindeki tuz miktarı artar (Doğan, 1981). Sıcaklık, basınç, konsantrasyon, temas yüzeyinin ve süresinin büyüklüğü gibi unsurlarda tuz çözünümüne etki eden faktörlerdir. Sisteme daha taze bir suyun girmesi veya tuz içeriği farklı akiferlerle karışım gibi unsurlarda tuz çözünürlüğüne ve suyun yapısındaki tuz miktarına etki eden diğer faktörlerdir. Su

kaynaklarında sodyum ve EC değerlerinin düşmesi bu suyun başka bir akiferle karışımı, sisteme daha taze bir suyun girmesi veya iyon değişimine bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir.

4.6 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır (Duffus, 2002). İnsan yaşamı üzerinde toksit özellik göstermelerinden dolayı su kaynaklarının kalitesini düşüren hatta suların kullanım özelliğini kısıtlayabilen kimyasal parametrelerdir. Ağır metal içerikleri yüksek su kaynakları, içme suyu olarak uzun süre kullanıldığında, insan vücudundaki sindirim organlarında birikerek ölümcül hastalıklara neden olabilmektedir. Ağır metallerin bu toksitoloji etkilerinden dolayı içme suyu analizlerinde mutlaka analiz edilmesi gerekir (Duffus, 2002).

Su kaynaklarında gözlenen ağır metal içerikleri doğal yollarla su kayaç teması süresince ağır metal içeriği zengin kayaçlardan çözünmeye bağlı olarak açığa çıkabildiği gibi, noktasal ve alansal endüstriyel kirleticilerden de su kaynaklarına geçmiş olabilir.

İnceleme kapsamındaki suların ağır metal içeriklerinin tespit edilebilmesi ve su kalitesinin tanımlanabilmesi için, sularda eser miktarlarda bulunan bazı inorganik elementlerin (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Fe, Li, Ni, P, Pb, Zn) Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Ağır metal analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2008) de verilen Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri’nde yer alan suların sınıflandırılmasında ki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Eylül 2015 örnekleme dönemine ait analiz sonuçları incelendiğinde GGS ve SSK da Fe değerleri sınır değerleri aşmıştır. Mayıs 2015 örnekleme Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Ni, P, Pb, Zn gibi ağır metallerin analiz sonuçları suların tamamı için sınır değerlerin altında kalmıştır. İncelenen su kaynaklarının tamamında her iki örnekleme döneminde yapılan arsenik (As) ölçümlerine göre suların tamamında arsenik değerleri sınır değerlerin (10 µg As/L) üzerinde ölçülmüştür. Bu sularda As konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2012) ve Avrupa Birliği (EU, 1998) standartlarının da üzerindedir. Sınır değerlerin üzerinde As içeren yeraltı suları inceleme alanı ve çevresinde As açısından potansiyel sağlık riski içermektedir.

Çizelge 4.14: İnceleme kapsamındaki sulara ait ağır metal analiz sonuçları.

	ELEMENTLER (Mg/L)															
Örnek / Parametre	Br	F	Al	As	Ba	Be	Cu	Fe	Ga	Hg	Li	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Eylül 2015																
GAS	0	1.65	0.105	0.08	0.045	0.015	0.03	0	0.23	0	0	0.01	0	0	0	0.05
GSK	0	0.33	0.008	0.015	0.064	0.004	0.005	0	0.046	0	0	0.002	0	0.022	0	0
GGs	0	0.43	0.406	0.016	0.05	0.004	0.005	0.376	0.047	0	0	0.033	0	0	0	0
SSK	0	0.02	0.02	0.017	0.021	0.004	0.004	0.167	0.045	0	0	0.003	0	0	0	0
GASK	0	0.46	0.004	0.022	0.089	0.003	0.005	0	0.045	0	0.011	0.002	0	0	0	0
NSSK	0	5.26	7.2	2.6	0	0.6	1.2	0	9.2	0	0	1.2	1.4	0	0	4.2
NSK	0	0.16	0.026	0.014	0.024	0.003	0.004	0.001	0.046	0	0	0.003	0	0	0	0
ASK	0	0.68	0.01	0.03	0.151	0.004	0.005	0	0.045	0	0	0.002	0	0	0	0
ISSK	0	0.35	0.01	0.092	0	0.003	0.003	0	0.045	0	0.013	0.002	0	0	0	0
BSK	0	0.44	0.01	0.018	0.024	0.004	0.003	0.051	0.044	0	0	0.005	0	0	0	0
SESK	0	0.36	0.014	0.027	0.022	0.003	0.004	0	0.045	0	0.016	0.002	0	0	0	0
IHSK	0	0.38	0.021	0.018	0.011	0.004	0.005	0	0.046	0	0	0.002	0	0	0	0
Mayıs 2015																
GAS	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.03	0.05	0.002	0	0	0	0	0.022	0	0.01	0	0.016	0
GSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.01	0.06	0.001	0	0	0	0	0.007	0	0.008	0	0.007	0
GGs	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.015	0.045	0.001	0	0	0	0.011	0.009	0	0.015	0.001	0.009	0
SSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.014	0.025	0.001	0	0	0	0	0.012	0	0.008	0	0.008	0
GASK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.012	0.085	0.001	0	0	0	0	0.069	0	0.01	0	0.008	0
NSSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.1	0.15	0.001	0	0	0	0	4.26	0.11	0.08	0	0.09	0
NSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.01	0.02	0.001	0	0	0	0	0.008	0	0.008	0	0.007	0
ASK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.01	0.11	0.001	0	0	0	0	0.037	0	0.008	0	0.008	0.03
ISSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.01	0.008	0.001	0	0	0	0.015	0.08	0	0.013	0	0.009	0
BSK	Ö.y	Ö.y	Ö.y	0.009	0.11	0.001	0	0	0	0.003	0.015	0	0.011	0	0.009	0

NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında kurak dönemde yapılan analiz sonuçları incelendiğinde ağır metallerin çoğunun eşik değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle NSSK sıcak ve mineralli su kaynağının daha uzun dolaşım sistemine ve su kayaç temas süresine sahip olmasından dolayı NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında kurak dönemde 2.6 mg/L As tespit edilmiştir. Bu değer sınır değerlerin oldukça üzerindedir.

As içeriği yüksek jeolojik formasyonların su kayaç temas süresince yeraltı suları içerisinde çözünmesi belirli bölgelerdeki yeraltı sularının As içeriklerinin yüksek olmasına neden olabilir. İndirgen koşulların hakim olduğu yeraltı sularında ise As yüksek miktarlarda bulunabilir (Sarkar, 2002). As'li sular genellikle volkanik kayaçlarda ve jeotermal bölgelerde yaygın olarak gözlenebilir (Choong vd., 2007).

İnceleme alanının güneyinde yer alan Hasandağı ve çevresinde yoğun olarak görülen yüksek As içeriğinin nedeni Hasandağı volkanizması ürünleri bazaltlar, tüfler ve ignimbiritler olabilir. Bölgenin jeotermal potansiyelinin yüksek olması ve bu bölgede derin dolaşım sistemine sahip sıcak ve mineralli su kaynaklarının sık görülmesi yüksek As içeriğinin varlığını açıklayan diğer bir sebeptir. Yüksek As içeriğine sahip derin dolaşımlı suların kırık ve çatlaklar boyunca yüzeye çıkarken karşılaştıkları sığ

dolaşım sistemine sahip soğuk yeraltı sularıyla karışmaları sonucu yeraltı suları As açısından zenginleşmiş olabilir.

NSSK sıcak ve mineralli su kaynağında yağışlı dönemde eşik değerin oldukça üzerinde 4.26 mg/L Li llmesi bu sularda gözlenen ağır metallerin volkanik kökenli olduklarını ve doğal yollarla kayaçlardan çözünerek sularda zenginleştiklerini göstermektedir.

NSSK haricinde kalan diğer su kaynakları metal analizlerine göre As haricinde kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. kalite su sınıfına girer.



5. JEOTERMOMETRE UYGULAMALARI

Özellikle ülkemizde kıtasal kabuk kalınlığının az olması çok sayıda sıcak su kaynağının oluşmasına neden olmuştur. Sıcak sular çok farklı amaçlarla kullanılabildiği gibi son yıllarda elektrik enerjisi üretmek için yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yüksek ısılı kaynaklara ulaşma çalışmalarında hazne kayanın rezervuar sıcaklığının belirlenmesi gerekir. Bu çalışmalar oldukça maliyetli ve uzun zaman gerektirebilir. Ekonomik kayıpları önlemek için sondaj çalışmalarından önce rezervuar sıcaklıklarının tahmin edilmesinde uygulanacak birçok jeotermometre yöntemleri geliştirilmiştir.

Jeotermometre uygulamalarının amacı, yeraltında bulunan akışkan ve tahmini rezervuar sıcaklığı hakkında yorum yapabilmektir. Derinlerde haznede bulunan sıcak sular yeryüzeyine çıkana kadar önemli ölçüde sıcaklık kaybına uğrarlar (Tarcan, 2002). Suların yeraltında katettikleri yol, ne denli kısa ve debisi yüksekse sıcaklıkları o oranda hazne kaya sıcaklığına yakındır (Tarcan, 2002).

Bu bölümde inceleme alanı ve çevresinde yer alan önemli sıcak ve mineralli su kaynaklarının hazne kaya sıcaklıklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda literatürde yaygın olarak kullanılan jeotermometre uygulamalarına yer verilmiştir.

Günümüzde literatürde yaygın olarak kullanılan birçok jeotermometre yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

5.1 Kimyasal Jeotermometreler

Kimyasal analizlerin ucuz ve kısa sürede yapılabilmesi nedeniyle, jeotermal araştırmalarda akifer (hazne) sıcaklığının tahmininde kimyasal jeotermometrelerden yaygın olarak yararlanılır (Şahinci, 1991).

5.1.1. Niteliksel (Kalitatif) kimyasal jeotermometre değerlendirmeleri

Niteliksel jeotermometrelerin çoğu uçucu maddelerin sıcak akışkanlarda ve zeminde gözlemlenen miktarlarına, dağılımlarına, iyonların birbirleriyle olan oranlarına veya zemin gazlarındaki oranlarına dayanır. Bu kapsamda miktarları ve oranları anlamlı

olan ve yüksek değerli sıcak suları işaret eden bazı değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

SiO₂: Akifer sıcaklığı hakkında en iyi bilgi veren silistir ve kuvarsın dengelenmesi yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Yüksek sıcaklıktaki suda, yaklaşık 180°C de başlayan silis çökeltmesi, sıcaklığın dūřmesi ile hızla artar. Klorürce fakir, asit sular 100°C civarında kayalardaki silikatları bozundurarak amorf silise çok zenginleşebilir.

Klorür: Akifer sıcaklığı 150 °C nin üzerindeki sularda, genellikle 150 ppm den fazla klorür (kökene deniz suyu olanlar dışında), ender olarak yüksek sıcaklıklı su sistemlerde (200 °C nin üzerinde) ise 40 ppm in altındadır. Klorür, sıcak su sistemi ile buhar sistemini ayıran en önemli kriterdir. Birçok klorür tuzları sıcak sulardan çözünür ve sıcak sistemlerde bol bulunur. 400 °C de bile klorür tuzlarının uçuculuğu önemsizdir. Bu nedenle, dūřük basınçlı buhar sistemlerinde klorür azdır, 50 ppm in üzerinde klorür izlenirse sıcak su sistemini belirler (şahinci,1991).

B, NH₄, H₂S, Hg, Cl, Na, K, Li, Rb, Cs, As: Bu gibi element ve bileşiklerin bir veya bir kısmının suda fazla bulunması, akifer sıcaklığının yüksek olabileceğini gösterir.

Na/K oranı: Bu oranın yüksekliği, genellikle akifer sıcaklığının fazla olabileceğini işaret eder. Özellikle bu oran, 20/1-8/1 arasında anlamlıdır. Bu oran ile hesaplanan akifer sıcaklığı, suyun geldiği başlangıç derinlik veya yatay uzaklığın sıcaklığını tanımlar (Tarcan, 2002). Yüzeydeki sıcak suyun kimyasal tahlillerine göre silis jeotermometresi ile hesaplanan akifer sıcaklık değeri, Na/K ile bulunandan küçük ise, akışkanın hazne kayadan yüzeye gelişi sırasında soğuk sular ile karışmış olabileceği vurgulanır.

Traverten ökeltmeleri: Akifer sıcaklığının dūřük olduğunu (100 °C civarında) gösterir. Ancak ender olarak, bikarbonatlı sular yeraltında soğuduktan sonra kireç taşlarından geçmiş ise, hazne kaya sıcaklığı yüksek olabilir.

Mg ve Mg/Ca Oranı: Mg miktarı ve Mg/Ca oranı küçük ise akifer sıcaklığı yüksek olabilir.

Cl/SO₄ Oranı: Bu oran yüksek ise akifer sıcaklığı yüksektir.

Cl/F Oranı: Bu değer fazla ise akifer sıcaklığı da yüksek olabilir.

5. 1. 2. Sayısal (Kantitatif) kimyasal jeotermometreler ve değerlendirmeleri

Hazne kaya sıcaklığının tahmin edilmesinde ve kantitatif kimyasal jeotermometrelerin kullanılmasında bazı varsayımlar kullanılmaktadır.

- Sıcak sulardaki kimyasal maddelerin oluşması için gerekli kimyasal tepkimeler, akifer-su arasında gerçekleşmektedir.
- Sıcaklık saptanmasında gerekli maddelerin ortaya çıkması için oluşan kimyasal tepkimeler devamlıdır ve tepkimelerin hammaddesi hazne kayada boldur.
- Akifer sıcaklığında kaya-su arasında kimyasal denge gerçekleşmiştir.

Bu varsayımlar SiO_2 ve Na-K-Ca jeotermometreleri için kullanılmaktadır.

- Akiferden yüzeye erişen sıcak suyun, soğuma sonucunda kimyasal yapısı değişmez veya yeni bir kimyasal denge gerçekleşmez.
- Akiferden gelen sıcak suların, soğuk yeraltı ve yüzey suları ile bir karışımı söz konusu değildir.

Akiferden yüzeye doğru gelen sıcak suyun soğuması veya soğuk suların karışımı ile kimyasal yapısı değişebilir. Bu yüzden son iki madde uygulamada kullanılmamaktadır ve gerçeği yansıtmamaktadır.

5.1.2.1 Çözünürlüğe bağlı jeotermometreler

Silis Jeotermometreleri:

Silis jeotermometreleri kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometrelerdir ve günümüzde akifer sıcaklığının tahmini hesaplamasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Tarcan, 2002).

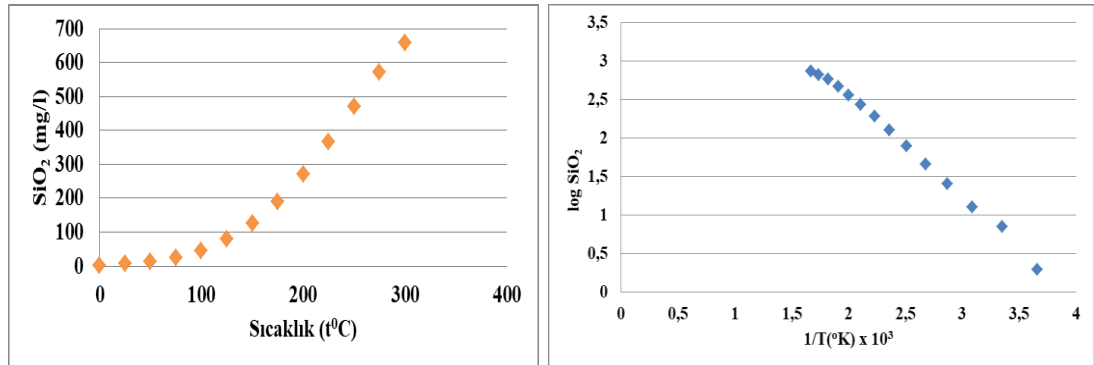
Yapılan hesaplamalarda silis jeotermometrelerinin 150-225 °C sıcaklıklar arasında daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda akiferden yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenir. Silisyumun sıcaklıkla çözünürlüğü artmaktadır (Tarcan, 2002).

Silis jeotermometre bağıntıları akışkanın silis miktarı ve sıcaklık değerlerine göre hesaplanmıştır. 1 litre suda çözünen deneysel silis miktarları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Hesaplamalarda silis değerlerinin logaritması ve sıcaklık değerlerinin Kelvin sıcaklık değerleri dikkate alınarak $1/T$ °K cinsinden sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 5.1: 1 litre suda çözünen deneysel silis miktarı (Fournier ve Potter, 1982).

t (°C)	SiO ₂ (mg/l)	T (°K)	1/T(°K) x 10 ³	log SiO ₂
0	2	273,15	3,66	0,3
25	7	298,15	3,35	0,85
50	13	323,15	3,09	1,11
75	25,5	348,25	2,87	1,41
100	46	373,15	2,68	1,66
125	79	398,15	2,51	1,9
150	126	423,15	2,36	2,1
175	190	448,15	2,23	2,28
200	271	437,15	2,11	2,43
225	367	498,15	2	2,56
250	471	523,15	1,91	2,67
275	571	548,15	1,82	2,76
300	660	573,15	1,74	2,82
325	738	598,15	1,67	2,87

Yöntemde sıcaklık (t °C) değerleri yatay eksene, SiO₂ (mg/l) değerleri ise düşey eksene gelecek şekilde bu iki parametrenin yönelimleri ve konumsal ilişkileri incelenmiştir (Şekil 5.1). Grafikte her sıcaklık değerine karşılık gelen SiO₂ miktarı belirlenerek eğri çizilir. Tam bir doğrusallık elde etmek için SiO₂ nin logaritmik değerleri düşey eksene 1/T °K (10³) değerleri de yatay eksene gelecek şekilde işaretlenir ve yine yatay eksende t °C değerleri işaretlenerek eğri çizilir (Tarcan, 2002).



Şekil 5.1: Sıcaklık (t °C) ve SiO₂ (mg/l) çözünürlüğünün grafiksel görünümü (Tarcan, 2002).

SiO₂ ve sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiyi gösterir eğride en iyi olarak 50-175 °C sıcaklıkları arasında bir doğrusal bir eğilim gözlenir. Hazne kaya sıcaklığının saptanmasını sağlayan bağıntı 50-175 °C sıcaklıkları arasında geçerlidir. Korelasyon fonksiyonu kullanılarak hazne kaya sıcaklığının hesaplanması için bir bağıntıyı elde edilir.

5.1.2.2 İyon değişimine bağlı jeotermometreler

İyon değişim denge sabitleri sıcaklığın etkisindedir. Suda iyon değişimine bağlı birçok mineral bulunur ve bunlardan yararlanılarak birçok ampirik jeotermometre geliştirilmiştir (Tarcan, 2002).

Na/K, K/Ca, Na/Ca Jeotermometreleri:

Bu jeotermometre suda fazla miktarda Ca^{+2} iyonu bulunuyorsa, akifer sıcaklığı hesaplamalarında yüksek değerler verir. Na/K jeotermometrelerinin uygulanacağı sıcak suların pH değeri nötre yakın veya hafif alkali, karbonat çökelmelerinin oluşmaması, $\log(\sqrt{Ca/Na})$ değerinin 0,5 ten az olması koşulları aranmalıdır. Na/K jeotermometreleri, nötr ve alkali, alkali klorürlü, 180-350°C sıcaklıkta ki bir akiferden gelen sularda daha iyi sonuçlar vermektedir (Tarcan, 2002).

Na-K-Ca Jeotermometresi:

Ca/Na (mol/l) oranının birden büyük olduğu durumlarda Na/K jeotermometre bağıntıları, akifer sıcaklığı hesaplamalarında çok yüksek değerler vermektedir. Bu olumsuz yönü gidermek için Fournier ve Truesdell (1973) tarafından aşağıda ki bağıntı önerilmektedir.

$$t^{\circ}C = [1647 / (\log (Na/K) + \beta \log (\sqrt{Ca} / Na) + 2,24)] - 273,15 \quad (5.1)$$

Bağıntıda Na, K, Ca, mol/l olarak alınır.

β bir katsayıdır. Eğer $\log (\sqrt{Ca/Na})$ değeri (-) ise $\beta= 1/3$, (+) ise $\beta=4/3$ olarak bağıntıya kullanılır. Ayrıca $\beta=4/3$ olarak hesaplanan akifer sıcaklığı 100 °C den fazla ise $\beta=1/3$ alınarak akifer sıcaklığı tekrar hesaplanabilir.

Magnezyum Düzeltmeli (R) Na-K-Ca Jeotermometresi:

Fournier ve Potter (1979), Na-K-Ca jeotermometre bağıntısında bazı koşullarda düzeltmeler yapılmasını önermişlerdir. Buna göre düzeltme katsayısı (R) şu bağıntı ile bulunur;

$$R = (Mg / Mg + Ca + K) \times 100 \quad (5.2)$$

Bağıntıda iyonlar mek/l olarak ele alınır. Eğer R, 50 den büyük ise, suların oldukça soğuk bir ortamdan geldiği ve akifer sıcaklığının, kaynakta ölçülen sıcaklığa yakın olduğu düşünülebilir. Bu nedenle Na-K-Ca bağıntısından elde edilen yüksek akifer sıcaklıklarında bazı düzeltmeler yapılması gereklidir. Bulunan akifer sıcaklığı 70 °C nin altında ise düzeltme yapılmaz. Tersine akifer sıcaklığı 70 °C den fazla ve 5-50 arasında veya daha yüksek ise aşağıda belirtilen bağıntılardan yararlanarak düzeltme hesaplanabilir ve akifer (hazne) sıcaklığından çıkarılır.

$$t^{\circ}\text{C} = 10,66 - 4,741R + 325,87 (\log R)^2 - [1,032 \times 10^5 (\log R)^2 / T] - [1,968 \times 10^7 \times (\log R)^2 / T^2] + 1,605 \times 10^7 (\log R)^3 / T^2 \quad (5.3)$$

Eğer R, 0,5-5 arasında ise şu bağıntı kullanılır;

$$t^{\circ}\text{C} = -1,03 + 59,971 (\log R) + 145,05 (\log R)^2 - 36711 (\log R)^2 / T - 1,67 \times 10^7 (\log R) / T^2 \quad (5.4)$$

K-Mg Jeotermometresi:

Magnezyum iyon değişimi düşük sıcaklıklarda daha hızlı olduğu için, bu jeotermometreler sıcak suyun yüzeye ulaşmasından hemen önce su-kayaç dengesinden etkilenir ve genellikle gösterdikleri sıcaklık kaynaklarda çıkış sıcaklığıdır (Eroğlu ve Aksoy, 1999).

Li-Mg Jeotermometresi:

Kharaka ve Mariner (1989), Li/Mg oranının etkili bir jeotermometre olarak kullanılabileceğini söylemişlerdir. Bunun için aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$t = 2200 / (5.470 - \log (\text{Li/Mg}^{0.5})) - 273.15 \quad (5.5)$$

Li- Na Jeotermometresi:

Li-Na jeotermometresi sudaki çözünmüş toplam katı maddeden ve kayaç türünden fazlaca etkilenmektedir. Çünkü Na elementi jeotermal suyun ana bileşeni, Li ise minor bileşenidir ve Li oranındaki küçük bir değişim Na/Li oranını fazlaca etkilemektedir (Arnorsson, 2000).

5.2. Birleşik (Kombine) Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometrelerin sıcak suyun kimyasal yapısına bağlı olarak uygulanabilirliğinin saptanması amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından grafiksel modeller geliştirilmiştir. Giggenbach (1988) biri kare diğeri üçgen şekilli iki diyagram önermiştir. Burada kare şekilli ve üçgen şekilli iki diyagram tanıtılmıştır (Giggenbach, 1988). Bu diyagramlar ile hem hızlı bir şekilde jeotermometre sonuçları görülebilmekte, hem de katyon jeotermometre bağıntılarının geçerliliği sınanabilmektedir.

Giggenbach (1988) tarafından sıcak suların akifer (hazne) sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresi ile hem sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmekte, hem de katyon jeotermometre uygulamalarının geçerliliği sınanmaktadır.

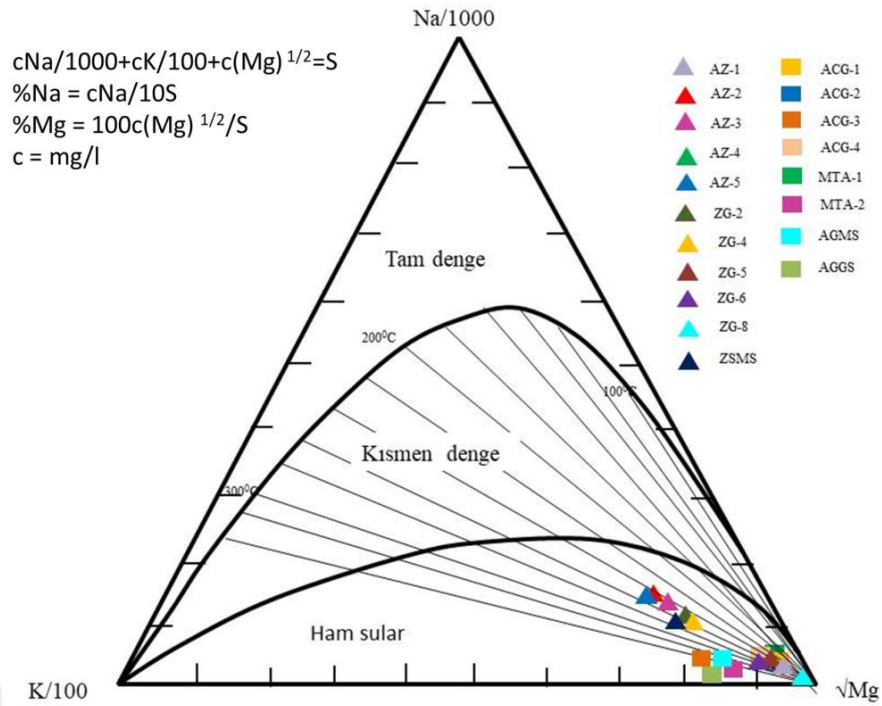
Fournier (1990) Diyagramda kısaca, su-kayaç ilişkisinin dengede olmadığı (ham sular), su-kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu (karışmış sular) ve su-kayaç ilişkisinin tam dengede olduğu sular olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır.

Diyagramda kısmen olgunlaşmış sularla, olgunlaşmamış suları birbirinden ayıran eğri olgunlaşma indeksinin (MI =maturity index) $MI=2.0$ olduğu eş kimyasal özellikteki noktaların birleşimiyle oluşmuştur.

Olgunlaşma indeksi; $MI = 0.315 \log [(K^2/Mg) - \log (K/Na)]$ bağıntısıyla tanımlanmıştır. Su-kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu alanlar (karışmış sular) ve tamamen dengede olduğu alanlar ise eş kimyasal özellikteki noktalar ile K^+-Mg^{+2} ve K^+-Na^+ jeotermometre eşitlikleri ile elde edilen eş sıcaklık (izoterm) değerlerinin kesişim noktalarının oluşturduğu eğriyle birbirinden ayrılmıştır. Dolayısıyla diyagram aynı anda hem su-kayaç ilişkisinin denge durumunu, hem de jeotermometre sonucunu gösterebilmektedir (Tarcan, 2002).

Giggenbach (1988) ham sular bölümüne düşen suların katyon jeotermometre sonuçlarına şüpheyle bakılması gerektiğini belirtmektedir. Fournier (1990) ise diyagram üzerinde benzer yorumlar yapmakta, yaptığı revizyonla kısmen dengelenmiş alan ile tam dengelenmiş alan sınırını biraz daha aşağıya kaydırmıştır (Janik vd.,1992).

Çizilen Giggenbach jeotermometre diyagramına göre örnekleme noktaları ham sular kısmına düşmektedir ve katyon jeotermometre sonuçları değerlendirilmeye alınmamıştır (Şekil 5.2). Karışım modelleri kullanılarak suların hazne kaya sıcaklıkları belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.2: Ziga ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynakları için Giggenbach (1988) Na-K-Mg jeotermometre diyagramı.

5.3. İnceleme Alanındaki Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hazne Kaya Sıcaklıklarının Hesaplaması

Bu bölümde, Narlıgöl ve Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının tahmini hazne kaya sıcaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Burçak (2006) ve Duru (2006) tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları kullanılmıştır (Çizelge 5.2)

Çizelge 5.2: Hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında kullanılan referans ve SiO₂ analiz değerleri.

	NARLIĞÖL		ZİGA	
	ID	SiO ₂ (mg/L)	ID	SiO ₂ (mg/L)
BURÇAK (2006)	ACG-1 (EKİM 2003)	54	AZ-1 (EKİM 2003)	47
	ACG-2 (EKİM 2003)	69	AZ-2 (EKİM 2003)	47
	ACG-3 (EKİM 2003)	106	AZ-3 (EKİM 2003)	47
	ACG-4 (EKİM 2003)	147	AZ-4 (EKİM 2003)	75
	MTA-1 (EKİM 2003)	202	AZ-5 (EKİM 2003)	91
	MTA-2 (EKİM 2003)	170	ZG-2 (EKİM 2003)	62
			ZG-4 (EKİM 2003)	109
			ZG-5 (EKİM 2003)	114
			ZG-6 (EKİM 2003)	94
			ZG-8 (EKİM 2003)	52
DURU (2006)	AGMS (MAYIS 2005)	49,11	ZSMS (MAYIS 2005)	38,54

Çalışma kapsamında farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen ve literatürde yaygın kullanıma sahip hazne kaya sıcaklarının tahmininde kullanılan jeotermometre bağıntıları kullanılmıştır. Katyon jeotermometreleri ile hesaplanan sıcaklık değerleri abartılı çıktığından ve suların olgunlaşmamış ham sular olarak sınıflandırılmalarından dolayı katyon jeotermometre sonuçları dikkate alınmamıştır. Hesaplamalarda silis jeotermometreleri kullanılarak elde edilen sonuçların daha gerçekçi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Farklı silis jeotermometre bağıntılarına göre hesaplanan Narlıgöl için hazne kaya sıcaklık değerleri 41,2 °C ile 180,6 °C arasında değerler almıştır. Örnekleme noktaları için ortalama hazne kaya sıcaklık değerleri ise ACG-3, MTA-1, MTA-2 ve AGMS için sırasıyla ortalama 108 °C, 152 °C, 140 °C ve 76 °C olarak bulunmuştur (Çizelge 5.3).

Ziga için hesaplanan hazne kaya sıcaklık değerleri ise 39,9 °C ile 142,1 °C arasında değerler almıştır. Örnekleme noktaları için ortalama hazne kaya sıcaklık değerleri ise AZ-1, AZ-2, AZ-3, AZ-4, AZ-5, ZG-2, ZG-4 ve ZSMS için sırasıyla ortalama 79,2 °C, 79,2 °C, 79,2 °C, 101 °C, 111 °C, 92 °C, 121 °C ve 70,5 °C olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.3: Farklı araştırmacılara göre jeotermometre bağıntıları ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynaklarının potansiyel hazne kaya sıcaklıkları.

Jeotermometre	Referans	Bağıntı	ACG-3	MTA-1	MTA-2	AGMS
SiO ₂ (α Kristobalit)	Fournier, 1977a	$t = 1000 / (4.78 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	89,9	130,9	119,1	50,6
SiO ₂ (β Kristobalit)	Fournier, 1977a	$t = 781 / (4.51 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	41,2	81,1	69,5	33,0
SiO ₂ (Kalsedon)	Fournier, 1977a	$t = 1032 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	114,1	159,6	146,4	71,0
SiO ₂ (Kuars)	Fournier, 1977a	$t = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	140,5	180,6	169,1	101,0
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Fournier, 1977a	$t = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	100,1	168,7	159,3	101,8
SiO ₂ (Kalsedon, cond. soğ.)	Amorsson vd., 1983	$t = 1112 / (4.91 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	112,3	153,8	141,8	72,3
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1264 / (5.31 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	111,7	147,5	137,3	76,1
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1021 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	110,0	155,0	142,0	67,3
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1164 / (4.9 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	131,8	175,5	162,9	89,6
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1498 / (5.7 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	134,5	168,1	158,6	100,5
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 933 / (0.933 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	396,0	390,6	391,6	296,1
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	337,4	334,2	334,8	275,3
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	395,9	389,5	390,7	279,4
Na/K	Truesdell, 1976	$t = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	376,2	370,7	371,7	274,5
Na/K	Fournier, 1979a	$t = 1217 / (1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	352,8	349,2	349,8	282,8
Na/K	Nieva ve Nieva, 1987	$t = 1178 / (1.470 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	336,8	333,3	333,9	268,2
Na/K	Giggenbach vd., 1983	$t = 1390 / (1.750 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	355,4	352,3	352,8	292,8
Na/K (mmol)	Fournier, 1979a	$t = 908 / (0.692 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	514,2	506,5	507,9	376,3
SiO ₂ için hesaplanan en az hazne kaya sıcaklığı			41,2	81,1	69,5	33,0
SiO ₂ için hesaplanan en çok hazne kaya sıcaklığı			140,5	180,6	169,1	101,8
SiO ₂ için hesaplanan ortalama hazne kaya sıcaklığı			108,6	152,1	140,6	76,3

Çizelge 5.4: Farklı araştırmacılara göre jeotermometre bağıntıları ve Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının potansiyel hazne kaya sıcaklıkları.

Jeotermometre	Referans	Bağıntı	AZ-1	AZ-2	AZ-3	AZ-4	AZ-5	ZG-2	ZG-4	ZSMS
SiO ₂ (α Kristobalit)	Foumier, 1977a	$t = 1000 / (4.78 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	48,6	48,6	48,6	71,1	81,3	61,6	91,5	39,9
SiO ₂ (Kalsedon)	Foumier, 1977a	$t = 1032 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	68,8	68,8	68,8	93,5	104,7	83,0	115,9	59,3
SiO ₂ (Kuars)	Foumier, 1977a	$t = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	98,9	98,9	98,9	121,7	132,0	112,1	142,1	90,0
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Foumier, 1977a	$t = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	100,1	100,1	100,1	119,6	128,3	111,4	136,8	92,4
SiO ₂ (Kalsedon, cond. soğ.)	Amorsson vd., 1983	$t = 1112 / (4.91 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	70,3	70,3	70,3	93,2	103,7	83,5	114,0	61,4
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1264 / (5.31 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	74,3	74,3	74,3	94,8	104,1	86,2	113,1	66,3
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1021 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	65,2	65,2	65,2	89,6	100,7	79,2	111,8	55,8
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1164 / (4.9 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	87,5	87,5	87,5	111,7	122,6	101,4	133,5	78,1
SiO ₂ (Kuars buhar kaybı)	Amorsson vd., 1983	$t = 1498 / (5.7 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	98,8	98,8	98,8	118,5	127,3	110,2	135,9	91,0
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 933 / (0.933 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	237,5	237,2	245,5	246,5	247,7	258,5	257,8	248,1
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	235,5	235,3	241,1	241,8	242,6	250,1	249,6	242,9
Na/K	Amorsson vd., 1983	$t = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	214,3	214,0	223,1	224,2	225,5	237,4	236,6	226,0
Na/K	Truesdell, 1976	$t = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	215,7	215,4	223,7	224,7	225,9	236,7	236,0	226,3
Na/K	Foumier, 1979a	$t = 1217 / (1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	238,9	238,6	245,0	245,7	246,7	254,9	254,3	247,0
Na/K	Nieva ve Nieva, 1987	$t = 1178 / (1.470 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	225,2	224,9	231,2	231,9	232,8	240,9	240,3	233,1
Na/K	Giggenbach vd., 1983	$t = 1390 / (1.750 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	252,6	252,4	258,2	258,9	259,8	267,3	266,8	260,1
Na/K (mmol)	Foumier, 1979a	$t = 908 / (0.692 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	299,4	299,0	309,7	311,0	312,6	326,7	325,7	313,1
SiO ₂ için hesaplanan en az hazne kaya sıcaklığı			48,6	48,6	48,6	71,1	81,3	61,6	91,5	39,9
SiO ₂ için hesaplanan en çok hazne kaya sıcaklığı			100,1	100,1	100,1	121,7	132,0	112,1	142,1	92,4
SiO ₂ için hesaplanan ortalama hazne kaya sıcaklığı			79,2	79,2	79,2	101,5	111,6	92,1	121,6	70,5

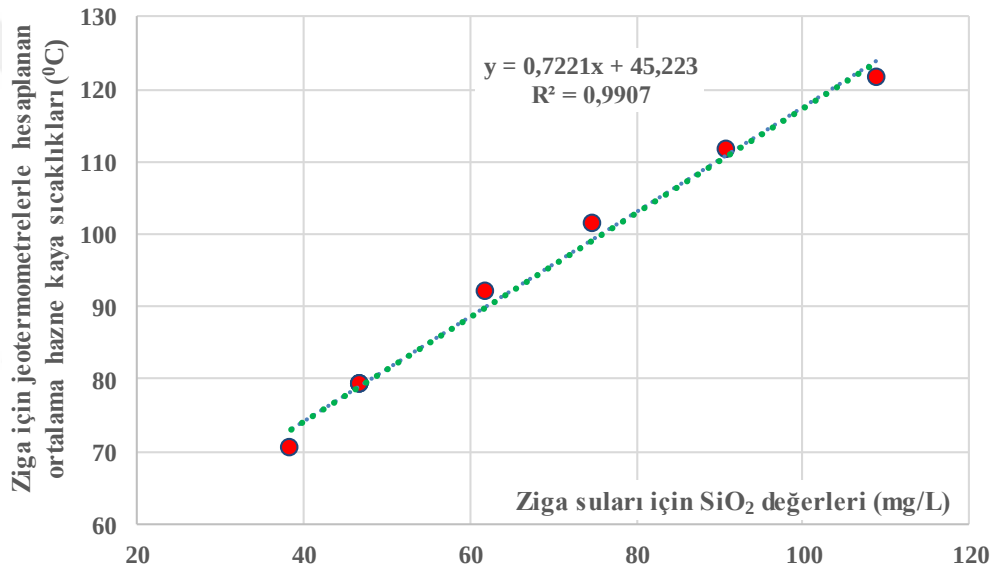
Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait örnekleme noktalarından elde edilen SiO₂ ve jeotermometreler yardımı ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıklarının ortalama değerleri arasındaki ilişkinin büyüklüğü, yönü ve önemini belirlemek amacı ile regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi x ve y değişkeni arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini gösterir (Tüysüz ve Yaylalı, 2005). Bu uygulamadaki nihai amaç doğrusal ilişkinin yüksek çıkması durumunda bu ilişkiden elde edilecek bağıntının bölgede yer alan diğer sıcak ve mineralli sular için kullanılıp kullanılamayacağını belirlemesidir.

Örnekleme sayısının daha fazla olmasından dolayı regresyon analizinde Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait değerler kullanılmıştır. Analiz için kullanılan veri sayısı 8 dir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5: Regresyon analizinde kullanılan veriler.

Ornek	SiO ₂	R _T	x ²	y ²	xy
AZ-1	47,0	79,2	2209,0	6265,8	3720,4
AZ-2	47,0	79,2	2209,0	6265,8	3720,4
AZ-3	47,0	79,2	2209,0	6265,8	3720,4
AZ-4	75,0	101,5	5625,0	10306,7	7614,2
AZ-5	91,0	111,6	8281,0	12463,7	10159,3
ZG-2	62,0	92,1	3844,0	8477,6	5708,6
ZG-4	109,0	121,6	11881,0	14786,3	13254,3
ZSMS	38,5	70,5	1485,3	4964,0	2715,4
Toplam	516,5	734,8	37743,3	69795,6	50612,8

R_T: jeotermometrelerle hesaplanan ortalama hazne kaya sıcaklığı



Şekil 5.3: Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait SiO₂ ve hazne kaya sıcaklıklarının ortalama değerleri arasındaki ilişki.

n; veri sayısı “8” olarak kullanılmıştır.

$$XYDT = \sum xy - (\sum x \sum y / n) = 3171 \quad (5.6)$$

$$XDT = \sum x^2 - ((\sum x)^2 / n) = 4391 \quad (5.7)$$

$$YDT = \sum y^2 - ((\sum y)^2 / n) = 2311 \quad (5.8)$$

XYDT; x ve y çarpımlarının düzeltilmiş toplamı,

XDT; x karelerin düzeltilmiş toplamı,

YDT; y karelerin düzeltilmiş toplamı (Tüysüz ve Yaylalı, 2005).

$$r = \frac{XYDT}{\sqrt{(XDT)(YDT)}} \quad (5.9)$$

$r = 0.99$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen korelasyon katsayısı oldukça yüksek bir değere sahip olup, bağıntının elde edilebilmesi için regresyon doğrusuna ait a ve b katsayıları ve varyans hesaplandığında;

$$b = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} \quad (5.10)$$

$$a = \sum \frac{y}{n} - b \sum \frac{x}{n} \quad (5.11)$$

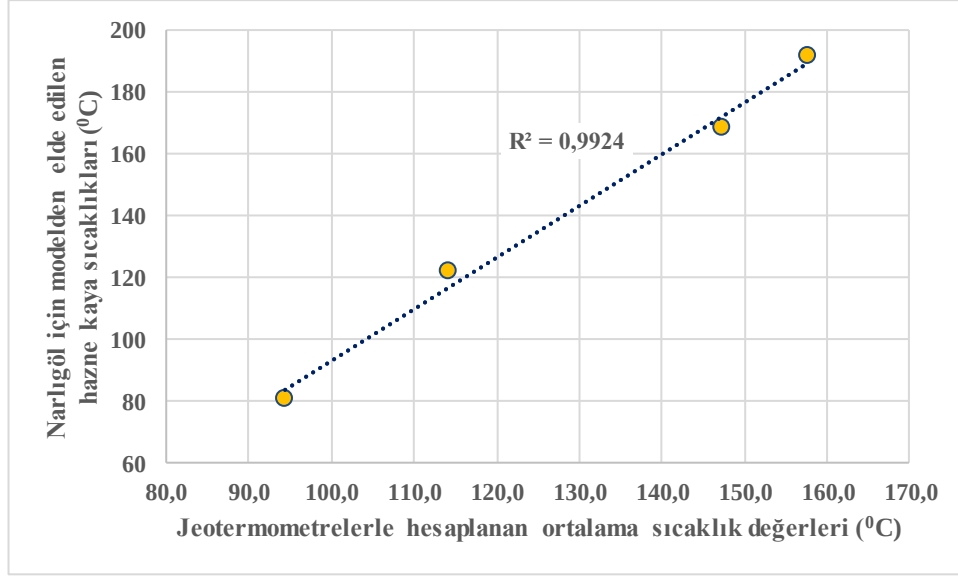
Formüllerden (5.10 ve 5.12) elde edilen sonuçlar $b=0.7221$ ve $a=45,22$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar yerine konularak aşağıda verilen bağıntı elde edilmiştir;

$$y=0,7221x + 45,22 \quad (5.12)$$

y; hazne kaya sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

x; SiO_2 değeri (mg/L)

Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait SiO_2 ve hazne kaya sıcaklıklarının ortalama değerleri arasındaki ilişkiden elde edilen bağıntı kullanılarak Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağının hazne kaya sıcaklığı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Narlıgöl için jeotermometreler yardımı ile hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan ve modelden elde edilen hazne kaya sıcaklıkları arasındaki ilişkinin doğruluk katsayısı % 99 olarak bulunmuştur (Şekil 5.3). Elde edilen korelasyon katsayı değeri söz konusu bağıntının çalışma alanı için kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 5.4: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan ve modelden elde edilen hazne kaya sıcaklıkları arasındaki ilişki.

Bu sayede, inceleme alanı ve çevresi için SiO_2 değerleri kullanılarak hazne kaya sıcaklıklarının belirlenmesinde kullanılan formüller sadeleştirilmiş ve hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanması çok daha kolaylaşmıştır.

5.4. Karışım Oranlarının Hesaplanması

Jeotermal sular, yüzeye çıkmak için kattettikleri mesafeler boyunca diğer sularla karışabilmektedir. Bu esnada suların sıcaklık değerlerinde ve kimyasal yapılarında değişimler meydana gelebilmektedir. Hazne kaya sıcaklığını saptayabilmek için eşitli karışım modelleri geliştirilmiştir.

5.4.1. Entalpi-Klorür karışım modeli değerlendirmeleri

Fournier (1977b) hazne kaya sıcaklığını ve sıcak-soğuk su karışım oranlarını bulmak için klorür karışım modelini önermiştir. Diyagramda düşey ekseninde entalpi (cal/g veya kJ/kg), yatay ekseninde ise klorür (mg/l) değerleri yer almaktadır. Ayrıca, buharın sıcak sudan ayrılma entalpisi olan 639 cal/g (2775 kJ/kg) değeri de düşey ekseninde buhar noktası olarak işaretlenmiştir.

Sıcak suların boşalım entalpi ve klorür (mg/l) değerleri diyagrama işaretlenerek, elde edilen noktalar buhar noktası ile birleştirilir. Bu doğru üzerine her bir sıcak su örneğinin kuvars buhar kaybı jeotermometresi ile hesaplanan hazne sıcaklıkları işaretlenir (B noktası). B noktası bölgedeki soğuk suların ortalama değerini gösteren A noktası ile birleştirilerek karışım çizgisi elde edilir. Karışım çizgisi uzatılarak en

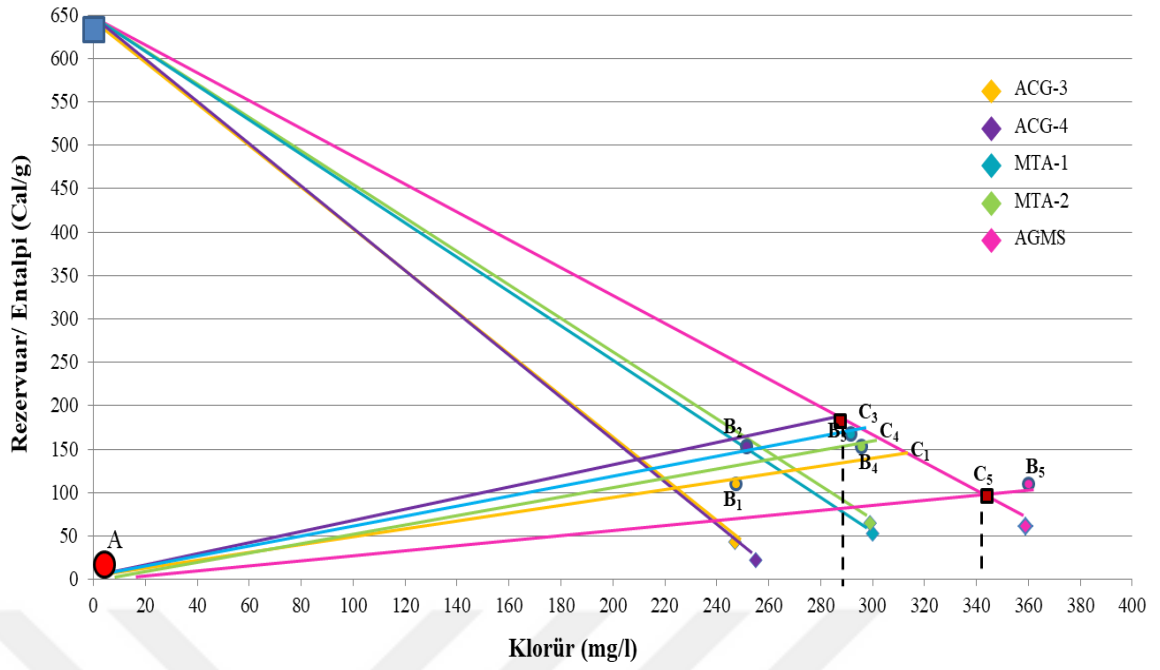
yüksek klorür değerine sahip olan örneğin doğrusu ile kesiştirilir (C noktası). Bu doğru üzerinde elde edilen en yüksek ve en düşük değerler jeotermal sistemin olası maksimum ve minimum hazne (akifer) sıcaklığını verirler. Ayrıca, karışım çizgisi üzerindeki AB ve AC doğru parçaları kullanılarak, sıcak suların soğuk sularla yaptığı karışım oranları bulunur (Tarcan, 2002). Burada AB/AC oranı karışımdaki sıcak su değeri vermektedir. Ziga ve Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynakları için hesaplanan karışım modellerinde Burçak (2006) ve Duru (2006) tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları kullanılmıştır (Çizelge 5.6).

Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için çizilen Entalpi- Klorür grafiğine göre örneklerin hazne kaya sıcaklıkları $290^0 - 340^0\text{C}$ arasında değişmektedir (Şekil 5.5). Ziga sıcak ve mineralli su kaynakları için çizilen entalpi- klorür grafiği incelendiğinde örneklerin hazne kaya sıcaklıklarının 1630^0 ile 1800^0C arasında değiştiği gözlenmiştir (Şekil 5.6). Hesaplanan sıcaklık değerlerinin oldukça yüksek değerler aldığı ve gerçeklikten uzak olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının klor değerlerinin oldukça yüksek olması olabilir. Bundan dolayı Ziga sıcak ve mineralli su kaynağı için entalpi-klorür yöntemi ile hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları dikkate alınmamalıdır.

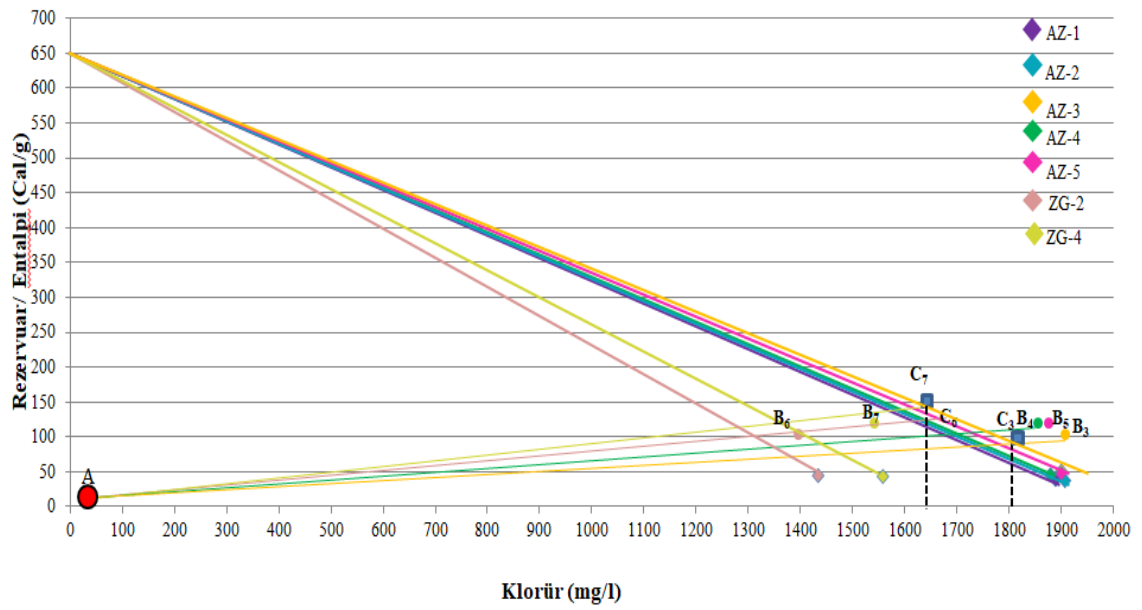
Çizelge 5.6: Karışım modellerinde kullanılan sıcak ve mineralli sulara ait veriler.

Araştırmacı	Numune no	T	T*	SiO ₂	Log SiO ₂	T*	Entalpi (kJ/kg)	Cl (mg/L)
BURÇAK (2006)	ACG-3 (EKİM 2003)	43,3	3,16	106	2,0253059	3,1600569	2395	247
	MTA-1 (EKİM 2003)	53	3,07	202	2,3053514	3,0660739	2370	300
	MTA-2 (EKİM 2003)	65	2,96	170	2,2304489	2,9572675	2346	299
DURU (2006)	AGMS (MAYIS 2005)	61,1	2,99	49,11	1,6911699	2,9917726	2358	359
BURÇAK (2006)	AZ-1 (EKİM 2003)	39	3,20	47	1,6720979	3,203588	2406	1889
	AZ-2 (EKİM 2003)	37,5	3,22	47	1,6720979	3,2190568	2412	1907
	AZ-3 (EKİM 2003)	51	3,08	47	1,6720979	3,0849915	2382	1900
	AZ-4 (EKİM 2003)	46	3,13	75	1,8750613	3,1333229	2394	1880
	AZ-5 (EKİM 2003)	47,5	3,12	91	1,9590414	3,1186652	2388	1900
	ZG-2 (EKİM 2003)	44,6	3,15	62	1,7923917	3,1471282	2395	1434
	ZG-4 (EKİM 2003)	43,4	3,16	109	2,0374265	3,1590586	2395	1558
DURU (2006)	ZSMS (MAYIS 2005)	45,4	3,14	38,54	1,5859117	3,1392246	2395	1370

T: sıcaklık, T*: $1/T(^0\text{K}) \cdot 10^3$



Şekil 5.5: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için çizilen Entalpi -Klorür karışım modeli grafiği.



Şekil 5.6: Ziga sıcak ve mineralli su kaynakları için çizilen Entalpi -Klorür karışım modeli grafiği.

5.4.2. Entalpi-Silis karışım modeli değerlendirmeleri

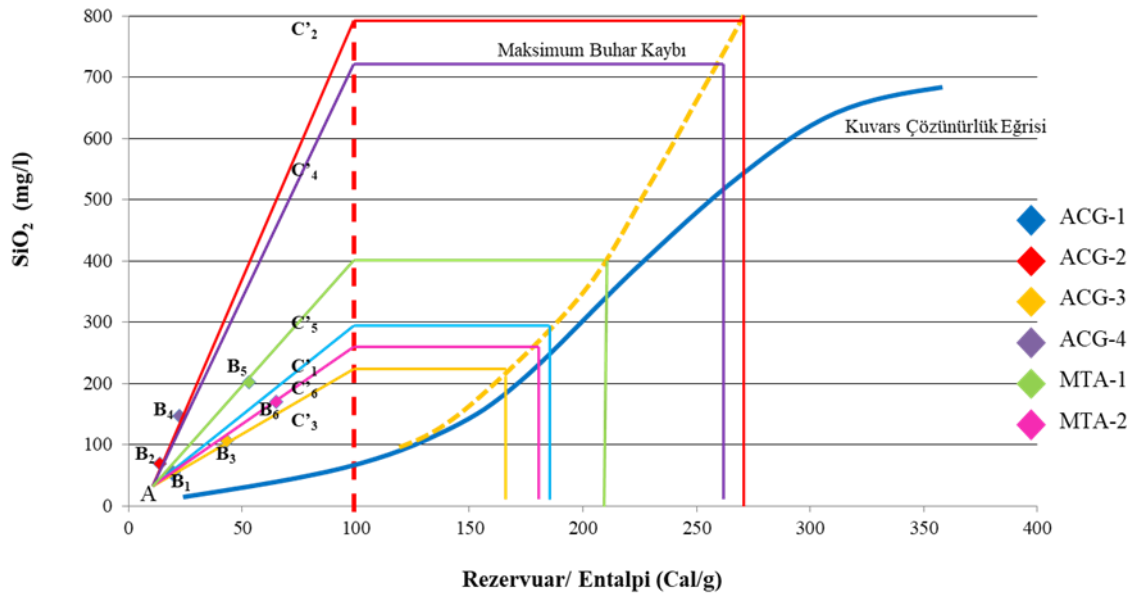
Sıcaklık ve silis dengesine dayalı olarak geliştirilmiş olan silis-entalpi karışım modeli (entalpi-silis diyagramı kullanılarak) karışım öncesi sıcaklık-buhar kaybının olduğu ve olmadığı her iki durumda da uygulanabilmektedir (Fournier, 1977b).

Diyagrama inceleme alanındaki sıcak suların silis değerleri ve ölçülen sıcaklıkları işaretlenerek elde edilen noktalar, bölgedeki soğuk suları temsil eden A noktası ile birleştirilmiş ve bu doğrular uzatılarak kuvars çözünürlük eğrisini kestiği noktadan yatay eksene dikme inilmek suretiyle dikmenin yatay ekseni kestiği nokta olan hazne kaya sıcaklıkları elde edilmiştir. Hazne kaya sıcaklıkları karışım suyundaki sıcak suyun karışımından önceki entalpi ve silis değerini vermektedir.

Karışımından önce buhar kaybı (adyabatik soğuma) durumunda diyagramda kesikli çizgi ile gösterilen maksimum buhar kaybı eğrisi dikkate alınmalıdır. Bu durumda doğrular kuvars çözünürlüğü çizgisini kesmeyecektir. Kuvars çözünürlük eğrisini kesmeyen sıcak suların karışımından önce buhar kaybına uğradıkları kabul edilmektedir. Bu nedenle suyun yüzeyde buharlaştığı entalpi değerinden (100 cal/g) yatay eksende bir dikme çıkılmış ve dikmenin doğruları kestiği noktalardan yatay eksene bir paralel çizilmiştir. Bu paralelin maksimum buhar kaybı eğrisini kestiği noktadan da yatay eksene dikme inilir.

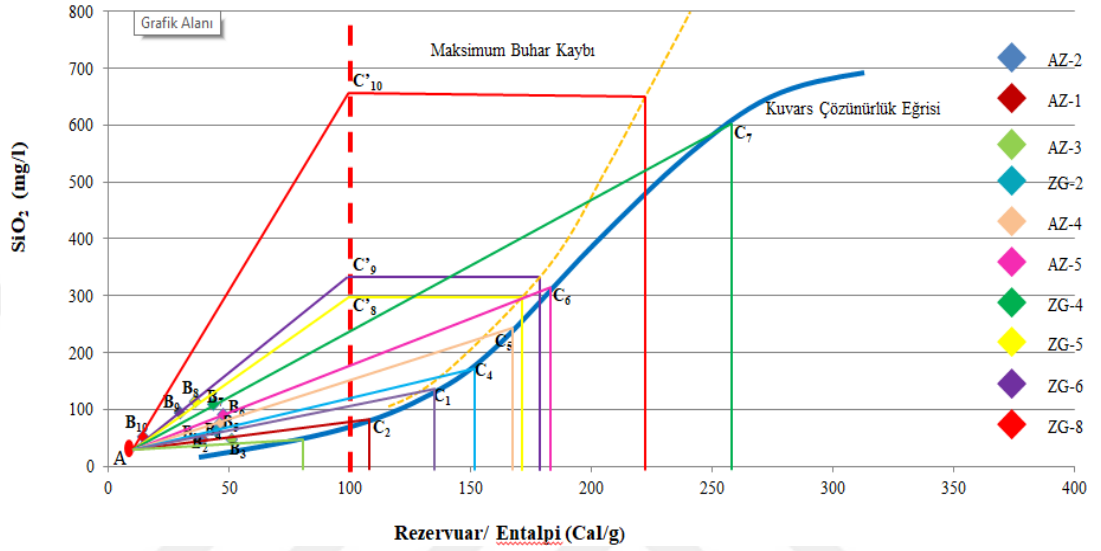
Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis Karışım Modelini gösterir grafik Şekil 5.7’de verilmiştir.

İlgili grafik incelendiğinde örnekleme noktalarının kuvars çözünürlük eğrisini kesmedikleri ve bu yüzden karışımından önce buhar kaybına uğradıkları düşünülmektedir. Silis - entalpi grafiğine göre Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynakları için akifer sıcaklığı 150°C- 270°C arasında değişmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis Karışım Modeli grafiği.

Ziga sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis Karışım Modelini gösterir Şekil 5.8 incelendiğinde AZ-1, AZ-2, AZ-3, AZ-4, AZ-5, ZG-2, ZG-4 noktaları kuvars çözünürlük eğrisini kesmektedir ve sistemlerin buhar kaybına uğramadığı yorumu yapılmıştır. Diğer örnek noktaları ise kuvars çözünürlük eğrisini kesmediğinden karışımdan önce buhar kaybına uğradıkları düşünülmektedir. Silis- entalpi grafiğine göre sistemlerin akifer sıcaklığı 130°C- 260°C arasında değişmektedir.



Şekil 5.8: Ziga sıcak ve mineralli su kaynağının Entalpi-Silis Karışım Modeli grafiği.

Karışım modellerine göre saptanan sıcak su oranları belirlenirken soğuk sular hesaba katılmamıştır.

ACG-3, ACG-4, MTA-1, MTA-2 sıcak sularında Entalpi-Klorür karışım modeline göre; sıcak su karışım oranları % olarak sırasıyla 78, 87, 98, 96 olarak hesaplanmıştır. Entalpi- Silis karışım modeline göre ise bu oranlar sırasıyla 57, 21, 69, 76 olarak hesaplanmıştır ve Entalpi- Silis karışım modelinden elde edilen sonuçların gerçeği daha çok yansıttığı yorumu yapılmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7: Narlıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan karışım modellerine göre saptanan sıcak su karışım oranları.

ÖRNEK ADI	ACG-3	ACG-4	MTA-1	MTA-2
Entalpi-Klorür Karışım Modeli'ne göre saptanan sıcak su karışım oranı (%)	78	87	98	96
Entalpi-Silis Karışım Modeli'ne göre saptanan sıcak su karışım oranı (%)	57	21	69	76

Ziga sıcak ve mineralli su kaynağına ait AZ-1, AZ-2, AZ-3, AZ-4, AZ-5, ZG-2, ZG-4, ZG-5, ZG-6 numaralı örneklerin Entalpi- Silis karışım modeline göre saptanan sıcak su karışım oranı ise sırasıyla % olarak 22, 30, 62, 25, 23, 23, 15, 32, 24 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.8). Entalpi-Klorür karışım modeline göre ZG-2 ve ZG-4 sıcak sularının sıcak su karışım oranları belirlenebilmiştir bunlarda sırasıyla % 81 ve % 96 olarak hesaplanmıştır. AZ-1, AZ-2, AZ-3, AZ-4, AZ-5, ZG-5, ZG-6 örneklerinde sıcak su karışım oranının belirlenememesinin nedeni kuvars buhar kaybı jeotermometresi ile hesaplanan hazne sıcaklıklarının yüksek olmasıdır.

Çizelge 5.8: Ziga sıcak ve mineralli su kaynağı için hesaplanan karışım modellerine göre saptanan sıcak su karışım oranları.

ÖRNEK ADI	AZ-1	AZ-2	AZ-3	AZ-4	AZ-5	ZG-2	ZG-4	ZG-5	ZG-6
Entalpi-Klorür Karışım Modeli'ne göre saptanan sıcak su karışım oranı (%)	-	-	-	-	-	81	96	-	-
Entalpi-Silis Karışım Modeli'ne göre saptanan sıcak su karışım oranı (%)	22	30	62	25	23	23	15	32	24

6. SONUÇLAR

İnceleme alanında akifer özelliği gösteren birimler temeli oluşturan bol kırık ve çatlaklı mermerler, kumtaşı - çakıltası ardalanmasından oluşan denizel ve karasal çökeller, karstik boşluklu kireçtaşları ve alüvyonun kumlu-çakıllı seviyeleridir.

Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (6.7 - 8.4) (6.7 – 7.9), elektriksel iletkenlik (EC) (154.0 - 3420.0) (131.9 - 2990.0) $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) (119.0 - 2525.0) (113.0 – 2732.0), sertlik (53.7 – 1030.0) (78.0 -1419.0) mg/L arasında değişmiştir.

İnceleme alanındaki sular pH ve sıcaklık değerlerine göre NSSK haricinde “hafif çözücü hafif kabuklaştırıcı bazik” özelliğe sahip “soğuk su” özelliğine sahiptir. NSSK ise pH değerlerine göre “çözücü asidik sıcak su” olarak sınıflandırılmıştır.

EC değerleri incelendiğinde, NSSK diğer sulara oranla daha derin ve uzun dolaşım sistemine sahip olup, su kayaç temas süresi en fazla olan su kaynağıdır. Bundan dolayı en yüksek iyon içeriğine ve EC değerlerine sahiptir. NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı acı su diğer su kaynakları ise tatlı su olarak sınıflandırılmıştır

İncelenen yeraltı sularına ait Gibbs grafiğinde sulara gözlenen katyon ve anyon içeriklerinin daha çok su kayaç etkileşimi ile baskın olarak zenginleştiği ve bu süreçte buharlaşma ve kristalizasyonun etkisinin az olduğu söylenebilir.

Mayıs 2015 ve Eylül 2015 örnekleme dönemlerinde hakim katyon Ca^{+2} , hakim anyon ise HCO_3^- dir. Suların örnekleme dönemleri boyunca su tipi aynı kalmıştır. Sularda Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları silikat minerallerinin ayrışması sonucu zenginleşmiştir.

Mayıs 2015 örnekleme döneminde GAS hariç diğer suların tamamı piper diyagramının 5. bölgesinde yer almışlardır. Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca-HCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO_3 fasiyesi göstermeleri suların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir.

Suların tamamı bütün örnekleme dönemleri boyunca jips, halit ve anhidrite doymun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir. GASK-ASK ve NSSK Eylül 2015

örnekleme döneminde aragonitçe doymun olup, aragoniti çökeltebilme, diğler sular ise doymun olmayıp aragoniti çözebilme özelliğine sahiptir.

Yağışlı dönemde GGS-SSK-NSK-IHSK az tuzlu az sodyumlu, GSK-GASK-ASK-BSK-ISSK-ve SESK orta derecede tuzlu az sodyumlu, GAS fazla tuzlu az sodyumlu, NSSK çok fazla tuzlu az sodyumlu su olarak sınıflanmıştır.

NSSK sıcak ve mineralli su kaynağı sulama suyu açısından şüpheli-kullanılamaz sınıfına girerken diğler sular her iki örnekleme döneminde de çok iyi - iyi kullanılabilir sulama suyu sınıfında yer alırlar.

İncelenen suların tamamında As (arsenik) değlerleri sınır değlerlerin üzerinde çıkmıştır. Bu suların içme suyu olarak kullanılması tehlikeli ve sakıncalıdır.

Su kaynaklarının tamamı ham sular olarak sınıflandırılmış olup, hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında silis jeotermometrelerinin kullanılması daha uygundur.

Farklı silis jeotermometre bağıntılarına göre hesaplanan Narlıgöl için hazne kaya sıcaklık değlerleri 41,2 °C ile 180,6 °C arasında değler almıştır. ACG-3, MTA-1, MTA-2 ve AGMS için ortalama hazne kaya sıcaklık değlerleri sırasıyla ortalama 108 °C, 152 °C, 140 °C ve 76 °C olarak hesaplanmıştır.

ACG-3,ACG-4, MTA-1, MTA-2 sıcak suları için entalpi-klorür karışım modeline göre; sıcak su karışım oranları % olarak sırasıyla 78, 87, 98, 96, entalpi- silis karışım modeline göre ise sırasıyla 57, 21, 69, 76 olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanında daha kapsamlı jeoloji çalışmaları yapılmalıdır, jeoloji haritası revize edilmelidir, bölgeye ait enine kesitler çizilmelidir.

Bölgede jeofizik, jeoloji, hidrojeoloji, mineraloji incelemelerinin yer aldığı kapsamlı bir araştırma yapılmalıdır.

Bölgede ki önemli su kaynaklarının izotop analizleri yapılarak yorumlanmalıdır.

Örnek noktalarının SiO₂ analizleri yapılarak sıcak suların tahmini rezervuar sıcaklıkları hesaplanmalıdır.

Bölgede yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler su kaynaklarının özellikleri dikkate alınarak, kaynakların korunması ve kullanılmasına dair su kaynakları yönetim planı oluşturulmalı ve uygulamaya geçirilmelidir.

Ruhsatsız su kuyuları belirlenmeli, yüzey suları kontrol altında tutulmalı ve sürekliliklerinin sağlanabilmesi için sürekli gözetim altında tutulmalıdır.Bölgede düzenli aralıklarla suların fiziko kimyasal ve su kalite parametrelili ölçülmeli, yeraltı suyu seviyesinin değışimi ve yüzey su kalitesi incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- Afşin, M. ve Ünsal, N., 1997. Helvadere (Aksaray) içme suyu kaynağının su kimyası ve izotopik özellikleri, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu.
- Afşin, M. ve Yıldız, M., 1997. Ziga kaplıcası ve çevresinin jeolojik ve hidrojeolojik incelemesi, Aksaray (Yayınlanmamış rapor).
- Afşin, M. ve Baş, H., 1996. Bazı önemli soğuk ve sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik incelemesi ve kökensel yorumu (Aksaray-Niğde arası). TÜBİTAK-195Y-009 (YDABÇAG-120) numaralı proje.
- Afşin, M., 2000. Determination of the origin of the Helvadere drinking springs by means of hydrochemical and isotopic techniques, Aksaray, Central Anatolia, Turkey. *Environmental Geology*, 39,10, 1190-1196.
- Afşin, M. ve Elhatip, H., 2000. Traverten çökelten Tuzlusu (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni.
- Afşin, M., 2004. Aksaray'daki bazı önemli soğuk ve sıcak su kaynakları. TÜBİTAK Doğa Eğitimi Programı, Aksaray.
- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Kavurmacı, M., Onak, A. ve Oruç, Ö., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi, TÜBİTAK-ÇAYDAG 104Y197, 119 s. (Yayınlanmamış).
- Anonim, 2011. TC Aksaray Valiliği İl, ve Orman Müdürlüğü, Aksaray çevre durum raporu.
- Anonim, 2011. Çed hizmetleri ve çevre izinleri işleri şube müdürlüğü, Aksaray ili çevre durum raporu, 242s.
- Akkuş, M., 2009. Keçikalesi (Aksaray) volkaniklerinin petrolojisi ve jeokimyası, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 140s.
- Arıkan, Y., 1975. Tuzgölü havzasının jeolojisi ve petrol imkanları, MTA dergisi, 85, 17-37.
- Arnórsson, S., 1997. Interpretation of chemical and isotopic data on fluids discharged from wells in the Momotombo geothermal field, Nicaragua, IAEA Report, Project no. NIC/8/008-04, Science Institute, Univ. of Iceland.

- Arnórsson, S., 2000. Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use, IAEA, Austria, 351 s.
- Arnórsson, S., Sigurdsson, S. ve Svavarsson, H., 1982. The chemistry of geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0 °C to 370 °C, *Geochim, Cosmochim, Acta*, 46, 1513-1532.
- Aslan, Y., 2006. Aksaray ilinin içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H. ve Canpolat, M., 1989. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) – Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No: 8523, (Yayınlanmamış).
- Batum, İ., 1975. Petrographische und Geochemische Untersuchungen in den Vulkangebieten Göllü Dağ and Acıgöl (Zentralanatolie, Türkei) Doktora Tezi, Albert-Luawinas Üniv., Friburg, Almanya, 102 s.
- Batum, İ., 1978. “Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin jeokimyası ve petrografisi”, Hacettepe Üniversitesi. *Yerbilimleri Dergisi*, 4, 1-2, 27-34 s.
- Beekman, P.H., 1966. Aksaray-Gelveri-Çınarlı bölgesinin jeoloji raporu, MTA Raporu.
- Bozdağ, A., 2010. Cihanbeyli (Konya) ve çevresinin hidrojeolojik, hidrokimyasal ve izotopik özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi 293s.
- Buchart, W.S., 1954. Geology of Central Anatolia, MTA Rapor, 2675 Ankara, (Yayınlanmamış).
- Burçak, M., Kaya, C., Özkan, H., Özmutaf M., ve Kılıç, R., 2003. Orta Anadolu jeotermal sahaları geliştirme ve ısı kaynağı araştırmaları projesi, MTA 2003-16-B 41 numaralı proje verileri (Yayınlanmamış).
- Burçak, M., 2006. Aksaray jeotermal sahaları (Acıgöl-Zığa-Şahinkalesi) jeotermal ısı kaynaklarının araştırılması ve jeotermal sistemlerin kavramsal modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 70 s.
- Choong, T.S.Y., Chuah, T.G., Robiah, Y., Koay, F.L.G., ve Azni, I., 2007. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview, *Desalination*, 217, 139–166.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuzgölü Basin in Central Anatolia , Turkey. *The J. Geol.*, 107, 6, 693 – 706.

- Çil, O.Ş., 2004. Aksaray Melendiz Çayı Ilısu-Kızılkaya sularının fiziko-kimyasal özellikleri ve çevresel etkilerinin incelenmesi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 81 s.
- Demirel, H.B., 2012. Ziga jeotermal sularının sürdürülebilirlik ve kaynak alanında ki travertenlerin termal turizm açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 88s.
- Dellaloğlu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu – Şereflikoçhisar – Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor no.2020.
- Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2000. Şereflikoçhisar-Aksaray Fay Zonunun evrimi hakkında yeni sedimantolojik veriler, Haymana- Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma (Workshop), Türkiye Petrol Jeologları Derneği Özel sayı, 5.
- Dirik, K., ve Göncüoğlu, M.C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia, International Geology Review, 38, 9, 807-817.
- Doğan L., 1981. Hidrojeolojide su kimyası, DSİ, Yayın no, 906, 93.
- Doğdu, M.Ş., 1995. Melendiz Havzası (Aksaray) hidrojeoloji incelemesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 112 s.
- Duffus, J. H., 2002. " Heavy metals" a meaningless term (IUPAC Technical Report), Pure and applied chemistry, 74,5, 793-807.
- Duru, G., 2005. Traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin Ziga-Yaprakhisar örneğinde irdelenmesi, Yüksek lisans semineri, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayımlanmamış).
- Duru, G., 2006. Ziga-Yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve mineralli kaynak alanlarındaki traverten çökeliminde etkili olan faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Elhatip, H., 2002. Aksaray ilindeki su kaynakları ve çevre sorunları, Aksaray Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Aksaray.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., 2013. 1/1.125.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi.
- Erler, A., ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerinin genel değerlendirilmesi ve sorunları, Yerbilimleri, 17.
- Eroğlu, M. ve Aksoy, M., 1999. Effects of course innitial grain size on microstructure and mechanical properties of weld metal and HAZ of a low carbon steel, MAT, SCI, E, A, 269, 1-2, 59-66 s.

- Eroğlu, M., 2012. Aksaray ili merkez ilçesinin yüzey ve yeraltı su potansiyelinin ve su kalite parametrelerinin belirlenmesi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 58 s.
- Fetter, C.W., 2004. Uygulamalı hidrojeoloji (4. baskı). M. Afşin ve K. Kayabalı, Çev.). Ankara: Gazi kitabevi.
- Foillac, C. ve Michard, G., 1981. Sodium/Lithium ratios in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs, *Geothermics*, 10, 55–70.
- Fournier, R.O., 1977a. A Review of chemical and isotopic geothermometers for geothermal systems, In: *Proceedings of the Symp. on Geoth. Energy, Cento Scientific Programme*, Ankara, 133-143.
- Fournier, R.O., 1977b. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems, In: *Proceedings of the Symposium on Geothermal Energy, Cento Scientific Programme*, Ankara, 199-210.
- Fournier, R.O., 1979a. A revised equation for the Na-K geothermometer. *Geothermal Res. Council Trans.*, 3, 221-224.
- Fournier, R.O., 1979b. Geochemical and hydrological considerations and the use of enthalpy-chloride diagrams in the prediction of underground conditions in hot spring systems. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 5, 1-16.
- Fournier, R.O., 1990. The interpretation of Na-K-Mg relations in geothermal waters. *Geoth. Res. Council Trans.*, 14, 1421-1425.
- Fournier, R.O. ve Potter, R.W., 1979. Magnesium Correction to the Na-K-Ca Chemical Geothermometer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1543-1550.
- Fournier, R.O. ve Potter, R.W., 1982. A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Research Council Bull.* 11, 3-9.
- Fournier, R.O. ve Truesdell, A.H., 1973. An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, 1255-1275.
- Garcia, M.G., Hidalgo, M. ve Blesa, M.A. 2001. Geochemistry of groundwater in the alluvial plain of Tucumán province, Argentina. *Hydrogeology Journal* 9, 597–610.
- Gevrek, A.İ., 1997. Aksaray doğusu, Ihlara-Derinkuyu yöresindeki volkaniklastiklerin sedimentolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms controlling world water chemistry, *Science*, 170, 3962, 1088-1090.

- Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L. ve Truesdell, A.H., 1983. Isotopic and chemical composition of parbati valley geothermal discharges, NW Himalaya, Indiana. *Geothermics*, 5, 51-62.
- Giggenbach, W. F., 1988. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749-2765.
- Göçmez, G., 1997. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi. 150 s.
- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor no:2909.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, İ., 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO Rapor no: 3753 (Yayınlanmamış).
- Göncüoğlu, M.C., Yalınız, K., Parlak, O. ve Floyd, P. A., 1997. Orta Anadolu Ofiyolitlerinin genel jeolojik özellikleri ,Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Eğitim, 20. Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, Adana, 1997, 59-60 s.
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure, Geological Society, London, Special Publications 17.1: 467-482.
- Görür, N. ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü – Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, TPAO Rapor no.1514.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su kalitesi. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı.
- Güllü, B., 2003. Mamasun Yöresi (Aksaray) magmatik kayaların jeolojik petrografik ve jeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış).
- Hem, J. D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water .Department of the Interior, US Geological Survey, 2254.
- IAH (International Association of Hydrogeologists), 1979. Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500.000 International Association of Hydrogeologists, London.
- Işık, F., 2000. Ekecik Yeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) arasındaki jeolojisi ve gabroyik-granitoidik kayaların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 161 s.
- Işık M., Altaş L. ve Kavurmacı M., 2008. Aksaray su kaynaklarının arsenik açısından değerlendirilmesi , Su-Enerji-Sağlık Sempozyumu, Aksaray.

- Janik, J.C., Goffy, F., Fahlquist, L., Adams, A.I., Roldan-M.A., Chipera, J.S., Trujillo, P.E. ve Counce, D., 1992. Hydrogeochemical exploration of geothermal prospects in the Tecuamburro volcano region, Guatemala. *Geothermics*, 21,4, 447-481.
- Kadioğlu, Y.K., 1991. Geology, petrography and geochemistry of Ağaören (Aksaray) magmatic rocks. O.D.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 141s.
- Karadavut İ.S., 2007. Melendiz Havzası yüzey ve yeraltı suyu kirliliğinin araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 132 s.
- Karadavut, S., 2009. Aksaray bölgesi yeraltı ve yerüstü su potansiyeli ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kavurmacı, M.M., 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzlu su girişiminin çevresel etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
- Kavurmacı, M., Elhatip, H., Karadavut, S., Kurmaç, Y., Altaş, L. ve Işık, M., 2008. Aksaray ili yeraltı sularının hidrojeokimyasal özellikleri ve su kalitesinin değerlendirilmesi, Su-Enerji-Sağlık Sempozyumu, Aksaray.
- Kavurmacı, M. ve Demircioğlu, R., 2009. Aksaray ili göletleri üzerine limnolojik bir araştırma ve su kalitesinin değerlendirilmesi, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Kavurmacı, M., Güllü, Ö., Kurmaç, Y., Altaş, L., Işık, M. ve Özcan, S., 2009. Aksaray ili yeraltı suyu verilerinin coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmesi, IX. Ekoloji ve Çevre Kongresi, , Nevşehir.
- Kavurmacı, M., 2010. Aksaray ili yeraltı sularının korozif etkinlik dağılımının coğrafi bilgi sistemi kullanılarak belirlenmesi, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Kavurmacı, M., 2011. Tuz Gölü Havzasının Güneydoğu kesimindeki yeraltı sularında karbondioksit yayılımının ve çevresel etkilerinin belirlenmesi, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Kavurmacı, M. ve Üyümez, M., 2015. Aksaray ili içme suyu kaynaklarının hidrokimyasal özellikleri ve ağır metal kirliliği açısından değerlendirilmesi, 2.Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, Konya. 27,53 s.
- Kavurmacı, M. M. ve Üstün, A. K. 2016. Çok kriterli karar verme analizi ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak su kalitesinin değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19,2, 208-220.

- Ketin, İ., 1963. Tectonic Units of America (Asia Minor) MTA Böl. 66. 23-35 s. Ankara.
- Kharaka, Y. K. ve Mariner, R. H., 1989. Chemical Geothermometers and their Application to formation waters from sedimentary basins. In: N. D. Näser ve T. H. McCulloh (Eds.), Thermal history of sedimentary basins; methods and case histories, 99,117.
- Kurmaç, Y., 2003. Aksaray Ulurmak'ta su kalitesi tespiti ve iyileştirilmesine yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kürçer, A., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik özellikleri ve paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 318 s.
- Lahn, E., 1940. Konya Mıntıkasındaki Karst hadiseleri ve bunların ziraat bakımından ehemmiyeti, MTA Enstitüsü, Mecm. İstanbul, 4,21, 620-626.
- Langelier, W. F. ve Ludwig, H. F., 1942. Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters, Journal (American water works association), 34,3 , 335-352.
- Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (Turkey), Ketin, İ. ve Erentöz, C. 2005. 1:5.000. 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası: Kayseri. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayını.
- Mayback, M., 1987. Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved loads. Am J Sci 287,401–428.
- Nieva, D. ve Nieva, R., 1987. Development in geothermal energy in Mexico, part 12-A cationic composition geothermometer for prospection of geothermal resources, Heat recovery systems and CHP, 7, 243-258.
- Okay, A., 1954. Kayseri, Niğde ve Tuz gölü arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA Rapor, 2252.
- Öney, A., 1999. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojik etüt raporu, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Özaydın, C.M., 2004. Aksaray Katı Atık Sahasının Hidrokimyasal ve Jeoelektrik Yöntemlerle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 101s.
- Özcan, S., 2009. Aksaray-Doğantarla ve Konya- Kulu Bölgelerinde üst miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

- Parkhurst, D. L. ve Appelo, C. A. J., 1999. Phreeqc (version 2), A computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport and inverse geochemical calculations. U. S. Geological Survey Water Resources Investigations.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses, Trans Am Gephys Union 25.
- Sarkar, B., 2002. Heavy metals in the environment, Bhattacharya, P., Jacks, G., Frisbie, S.H., Smith, E., Naidu, R., Sarkar, B., Arsenic in the environment a global perspective, Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A.
- Schoeller, 1962. Lex eaux souterraines, 642, Masson et cie, Paris.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 24,2, 101-108.
- SKYY 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, sayı: 25687.
- Şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası. Reform matbaası, 548s., İzmir.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Boray, A. 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA. Rap, 394.
- Şengör, A.M.C., 1985. Türkiye'nin jeomorfolojik evriminde Orta Miyosen'in önemi, Türkiye 9. Jeomorfoloji Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özleri, Ankara.
- Şimşek, Ş., 1993. Ihlara (Kapadokya) özel koruma bölgesinin ve bölgede yer alan termal kaynakların hidrojeolojik ve hidrokimyasal araştırması ve korumaya ilişkin öneriler.
- Tarcan, G., 2002. Jeotermal su kimyası. Jenarum Yaz Okulu, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, 198-245.
- Toprak, V. ve Göncüoğlu, M.C., 1993. Tectonic control on the development of the Neogene - Quaternary Central Anatolian Volcanic Province, Turkey. Geological Journal, 28, 34, 357-369.
- Toroğlu, E. ve Ceylan, S., 2009. Niğde yöresi kaplıca, içmece ve doğal mineralli suları, sorunlar ve öneriler. Eastern geographical review, 18, 30.
- Tromp, W., 1942. Kayseri, Niğde, Tuzgölü arasının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor 1456.
- Truesdell, A.H., 1976. Summary of section III geochemical techniques in exploration In: Proceedings, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 1976. Washington D.C., U. S. Government Printing Office.

- Turkish Gulf Oil, 1961. Report on the petroleum prospect of Thrace, Turkey, TPAO, Archive 1427 1961.
- Türker, H.Ö., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G., 2005. Jeostatistik kavramlar ve bilgisayarlı uygulamalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.
- Ulu, Ü., Bulduk, A. K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Öcal, H., Arbas, A. ve Karabıykoğlu, M., 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi. General directorate of mineral research and exploration (MTA) report 9720, 219.
- Uygun, A., Yaşar, M., Erkan, M. C., Baş, H., Çelik, E., Aygün, M. ve Ayok, F., 1982. Tuzgözü Havzası Projesi, MTA Raporu (Yayınlanmamış).
- Üyümez, M., 2016. Aksaray ili içme suyu kaynaklarının hidrokimyasal özellikleri ve ağır metal kirliliği açısından değerlendirilmesi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.
- Yenal, O., Usman, N. ve Kanan, E., 1975. Türkiye maden suları, Tıp Fakültesi, Hidro-Klimatoloji Kürsüsü.
- Yeşilyurt, F.İ., 1999. Hasandağ batısı (Aksaray) kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petroğrafisi / Mineralogy and petrography of quaternary volcanics of the western portion of Hasandağ (Aksaray), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 149 s.
- Yıldız, M., Afşin, M., Onak, A. ve Yeken T., 2002. Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray Belediyesi Bahçelikent toplu konut alanı zemin özelliklerinin incelenmesi (Yayınlanmamış rapor), Aksaray.
- Yıldızhan, F., 2007. Aksaray ili holosen yaşlı çökellerin jeolojik-jeoteknik incelenmesi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 98 s.
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., Mutluoglu, O., Kavurmaci, M. M. ve Yurt, K., 2012. Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (Selime-Aksaray-Turkey). Environmental Earth Sciences, 66,1, 75-81.
- Yüce, G., 2007. A geochemical study of the groundwater in the misli basin and enviromental implications, Enviromental geology, 51-5, 857-868.
- Zengin, E., 2014. Aksaray ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının potansiyeli ve ısıtma sisteminde kullanımına yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- WHO, 2012. Guidelines For Drinking – Water Quality, ISBN 92 4 154460.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of irrigation waters, US.Department of Agriculture Circular No.969.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hatice YÜKSELTÜRK

Doğum Tarihi ve Yeri : 1990/ AKSARAY

E-posta adresi : yukselturkhtc@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

LİSANS

- Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2009-2013).

YÜKSEK LİSANS

- Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans (2018).
- Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Tezsiz Yüksek Lisans (2017).