



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

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YEŞİLHİSAR-İNCESU (KAYSERİ) CİVARI YERALTI
SULARININ JEOTERMAL AÇIDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Macit KARADAĞLAR

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

AKSARAY, 2019



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

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YEŞİLHİSAR-İNCESU (KAYSERİ) CİVARI YERALTI SULARININ
JEOTERMAL AÇIDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Macit KARADAĞLAR

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa AFŞİN**

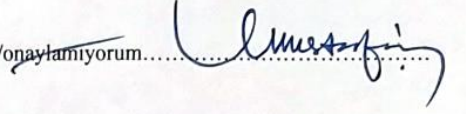
AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **152302002** numaralı Yüksek Lisans öğrencisi. **Macit KARADAĞLAR** tarafından hazırlanan **YEŞİLHISAR - İNCESU (KAYSERİ) CİVARI YERALTI SULARININ JEOTERMAL AÇIDAN İNCELENMESİ**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Aksaray Üniversitesi

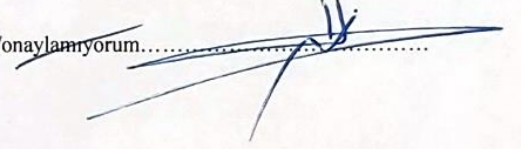
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....



Üye: Prof.Dr. Hatim ELHATİP

Aksaray Üniversitesi

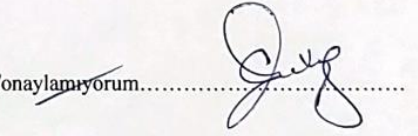
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....



Üye: Dr. Öğretim Üyesi Güler GÖÇMEZ

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....



Tez Savunma Tarihi: **24/05/2019**

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

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.



Macit KARADAĞLAR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasını görüş ve katkılarıyla destekleyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa AFŞİN'e (Aksaray Üniversitesi) saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın hazırlanmasına imkân sağlayan, bünyesinde çalışmaktan onur duyduğum MTA Genel Müdürlüğü'nün değerli yöneticilerinden Daire Başkanı İsmail KARA' ya proje çalışma arkadaşlarım ve değerli dostlarım Proje Başkanı Serkan KARACA ve Ekip Şefi Levent İLDEŞ'e, yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşım Musa BURÇAK'a, ve sabırlarını hiç esirgemeyen kızlarım Beren ve İlgın'a ve eşim Esra Hatice KARADAĞLAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş olan “Kayseri ve Civarı Jeotermal Enerji Aramaları Projesi” kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Macit KARADAĞLAR

ANKARA, 2019

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 Jeotermal Sistemler	2
1.3 Volkanik Jeotermal Sistemlerin Yapısı, Jeotermal Akışkanın Hidrokimyası ve Araştırma Yöntemleri	3
1.3.1 Magmatik jeotermal alanlarda bulunan volkanik ve plütonik sahalar	4
1.3.2 Magmatik olmayan jeotermal sistemler–açılma tektoniği etkin sistemler	6
1.4 Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli	9
1.5 İnceleme Alanı	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1 Saha ve Laboratuvar Çalışmaları	14
3.2 Değerlendirme Çalışmaları	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	16
4.1 Bölgesel Jeoloji ve Tektonik	16
4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi	19
4.2.1 Yahyalı İstifi	19
4.2.2 Aladağ Ofiyolit Napı (Ka)	21
4.2.3 Çayraz Formasyonu (Teç)	21
4.2.4 İncik Formasyonu (Toi)	22
4.2.5 Yeşilhisar Formasyonu (Tmy)	22
4.2.6 Develi Volkaniti (Tmde)	23
4.2.7 Kaletepe Volkaniti (Tmk)	23
4.2.8 Ürgüp Formasyonu (Tmü)	23
4.2.9 Andezitik Volkanitler (Tma)	24
4.2.10 Dasitik Domlar (Tmd)	25
4.2.11 Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki)	25
4.2.12 Koçdağ Volkanitleri	26
4.2.13 Erciyes Volkanitleri	27
4.2.14 Traverten (Qtr)	28
4.2.15 Yamaç Molozu (Qym)	28
4.3 Yapısal Jeoloji	30
4.4 Hidroloji	31
4.5 Hidrojeoloji	33
4.6 Jeofizik Çalışmalar	37
4.7 Sondaj Çalışmaları	45
4.7.1 Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajı	45
4.7.2 Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı	46

4.7.3 Kayseri-Yeşilhisar-Karacabey KYK-2017/4 jeotermal araştırma sondajı	49
4.8 Hidrojeokimya Çalışmaları	51
4.8.1 Suların kökensele değerlendirilmesi	57
4.8.2 Doygunluk indisi hesaplamaları	61
4.8.3 Jeotermometre uygulamaları	63
4.8.4 Karışım modelleri	65
4.9 Dağılım Haritaları	70
4.9.1 Klorür dağılım haritası	72
4.9.2 Silika dağılım haritası	73
4.10 Çevresel İzotop Çalışmaları	74
4.10.1 Kararlı izotop sonuçlarının değerlendirilmesi	76
4.10.2 Trityum sonuçlarının değerlendirilmesi	80
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	85
EKLER	90
EK A. İncesu-Yeşilhisar (Kayseri) civarına ait jeoloji haritası	91
ÖZGEÇMİŞ	92

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİLHİSAR-İNCESU (KAYSERİ) CİVARI YERALTI SULARININ JEOTERMAL AÇIDAN İNCELENMESİ

Macit KARADAĞLAR

Aksaray Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Kayseri İli Yeşilhisar ve İncesu ilçelerinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından jeotermal enerji olanaklarının araştırılması amacıyla uygulanan diğer jeotermal enerji arama yöntemleri ile inceleme alanında belirlenen kaynak ve kuyulara ait suların fiziksel, kimyasal ve izotopik parametreleri birlikte değerlendirilmiş olup, Yeşilhisar fayı boyunca çıkan ve 22,3 °C sıcaklığa ulaşan kuyuların ve kaynakların jeotermal sistemle olan ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

İnceleme alanında temelde, Devoniyen-Permiyen aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşlarından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Yahyalı istifi içerisindeki Yelibel ve Karlığın-tepe formasyonlarına ait birimler yer almaktadır. Yahyalı istifini Üst Kretase yaşlı Aladağ ofiyolit napı tektonik olarak üzerlemiştir. Bu birimleri uyumsuz olarak örten örtü kayaçlarını ise Orta Eosen-Kuvaterner aralığında çökelmiş volkanik ve sedimanter kayaçlar, Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonla son bulur.

İnceleme alanındaki örneklerde katyonlarda Ca^{+2} ve anyonlarda ise HCO_3 baskındır. İçmece ve civarı suları ile jeotermal sondaj (KİS-2016/6) haricinde tüm sular $Ca-HCO_3$ fasiyesindedir. Jeotermal sondaj çalışmasından elde edilen su ile İçmece ve civarında örneklenen sular iyon değerleri açısından benzerlik göstermektedir. İçmece ve civarı suların Cl iyon konsantrasyonundaki artışın nedeni, Yeşilhisar formasyonu içerisindeki evaporitlerin yanı sıra derin dolaşımli jeotermal sularla karışım olabilmesidir. Ancak inceleme alanında yapılan en derin sondaj olan Yeşilhisar Karacabey (KYK-2017/04) sondajında muhtemel rezervuar olduğu değerlendirilen zonlara girilememiş, gerçek potansiyelin ortaya konulması amacıyla söz konusu bölgede daha derin bir araştırma sondajına ihtiyaç duyulmaktadır.

İnceleme alanından alınan örneklerin Oksijen-18 ve trityum içeriklerine göre dolaşım süreleri ve beslenme alanı yüksekliği değerlendirildiğinde I. grup suları yüksek kotlardan beslenmiş güncel, II. grup suları yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımli, III. grup suları ise karışım. IV. grup sular ise alçak kotlardan beslenmiş derin dolaşım özellikli olup, bu gruplandırma haritalanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, Hidrojeokimya, İzotop, Yeşilhisar, Kayseri.

Eylül, 2019; 92 sayfa.

M.Sc. THESIS

**INVESTIGATION OF YEŞİLHİSAR-İNCESU (KAYSERİ) AND
SURROUNDING GROUNDWATERS IN TERMS OF GEOTHERMAL**

Macit KARADAĞLAR

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

ABSTRACT

In this thesis, along with other studies have been carried out by Mineral Research and Exploration General Directorate, in order to investigate geothermal energy opportunities, hydrogeochemistry study will be mentioned in detail. Physical, chemical and isotopic parameters of waters from natural exits, wells within the boundaries of Yeşilhisar and İncesu districts of Kayseri province and also from the surrounding geothermal fields. Trying to reveal relationship between groundwater which are placed along with Yeşilhisar Fault and temperature up to 22.3°C and the existing geothermal system.

In the study area, the units belonging to the Yellibel and Karlığın-tepe formations in the Yahyalı sequence which is composed of schist and crystallized limestones deposited in the Devonian-Permian period and which have undergone metamorphism in the green schist facies are located. The Upper Cretaceous Aladağ ophiolite nappe tectonically overlies the sequence of Yahyalı. Covering rocks covering all these units unconformably are volcanic and sedimentary rocks deposited in the Middle Eocene-Quaternary range. The sequence ends with Quaternary travertine, slope debris, old alluvium and alluviums.

Samples from the study area, Ca is in the cations and HCO₃ is dominant in the anions. Therefore, all waters except İçmece waters and geothermal well (KİS-2016/6) are in Ca-HCO₃ facies. However, the water obtained from KİS-2016/6 geothermal well and the water sampled in and around İçmece are similar in terms of ion ratios. Although the increase in the concentration of Cl ion is related to evaporites in the Yeşilhisar formation, the high concentration of Cl in water obtained by the well can be explained by the effect of evaporites and the deep circulation of water.

When the circulation time and altitude of feeding area were evaluated according to the oxygen-18 and tritium contents of the samples which have been taken from the study area. I. group water was fed from the elevated ground. II. group waters with high circulation and fed from high elevations, III. group are mixing waters and IV. group waters are deep circulation fed from low elevations and also map had been made for all these groupings.

Keywords: Geothermal energy, Hydrogeochemistry, Isotope, Yeşilhisar, Kayseri.

September, 2019; 92 pages.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. JES kurulu kapasitesinin ülkelere göre dağılımı	1
Şekil 1.2. Jeotermal sistemin elemanları	3
Şekil 1.3. Konvektif ısı akısı hakim jeotermal sistemlerin sınıflandırılmasında; yapısal jeoloji, magmatizma, volkanik aktivite, güncel plütonik aktivite ve genişleme tektoniğinin kullanılması	4
Şekil 1.4. Yitim zonunda bulunan magmatik yay-ardı aktif volkanik bir sahada bulunan jeotermal sistem	5
Şekil 1.5. Magmatik aktivitenin olmadığı açılma tektoniği etkin jeotermal sistemlerin yapısı	7
Şekil 1.6. İnceleme alanının yer bulduru haritası	10
Şekil 4.1. Orta Anadolu bölgesinin tektonik konumu.....	16
Şekil 4.2. Tuz Gölü ve Orta Anadolu fay kuşakları kontrolünde çalışma alanında oluşan yapısal unsurlar	18
Şekil 4.3. İnceleme alanına ait genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesiti.....	20
Şekil 4.4. İnceleme alanında yüzeyleyen ofiyolitler (Büyükkale Tepe doğusu, bakış D'ye).	21
Şekil 4.5. Büyükkale Tepe domundan bir görünüm (Büyükkale Tepe, Yeşilhisar GB'i, kuzeye bakış).....	25
Şekil 4.6. İncesu İgnimbiriti'nde gözlenen sütunsal ayrışmalara ait görünüm (İncesu batısı, güneye bakış)	26
Şekil 4.7. Andezitik lav akıntılarına ait genel görünüm (İncesu doğusu, güneye bakış).	27
Şekil 4.8. İçmece mevkiinde gözlenen travertenlere ait görünüm (İçmece GD'su)..	28
Şekil 4.9. İnceleme alanının jeoloji haritasının rölyef harita üzerinde gösterimi	29
Şekil 4.10. Kapadokya volkanik platosunu şekillendiren büyük yapıların ve jeotermal kaynak alanlarının sadeleştirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi	31
Şekil 4.11. Develi Yeşilhisar kapalı havzası eş yağış eğrileri ve havza sınırı	33
Şekil 4.12. Develi Yeşilhisar alt havzası formasyonlarının fiziksel ve hidrojeolojik özellikleri.....	36
Şekil 4.13. İnceleme alanı ve çevresindeki DES ve MT ölçüm noktaları	37
Şekil 4.14. Seviye Haritaları (800 m, 1250m, 1500 m)	38
Şekil 4.15. Seviye Haritaları (1750 m. 2000 m)	39
Şekil 4.16. Taban topoğrafyasının 2B ve 3B gösterimleri.....	40
Şekil 4.17. İnceleme alanından alınan MT ve AMT ölçü noktalarından oluşturulan ve jeotermal açıdan önemli görülerek işaretlenen profiller.....	42
Şekil 4.18. P5 MT profilinin iki boyutlu öz direnç kesiti	43
Şekil 4.19. P10 MT profili iki boyutlu öz direnç kesiti	44
Şekil 4.20. Yapılan sondaj çalışmaları ve yer aldığı MT profilleri	45
Şekil 4.21. KİS-2016/6 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı.....	47
Şekil 4.22. KİS-2016/9 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı.....	48
Şekil 4.23. KYK-2017/04 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı	50
Şekil 4.24. Proje çalışmaları kapsamında analizleri yapılan kaynak ve kuyulara ait lokasyon ve yerinde sıcaklıkları dağılım haritası.....	52
Şekil 4.25. İncelenen suların dairesel diyagram haritası	56
Şekil 4.26. İncelenen suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (1).....	57

Şekil 4.27. İncelenen suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (2).....	58
Şekil 4.28. Örneklenen sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (3)	59
Şekil 4.29. Çalışma kapsamında örneklenen sulara ait Piper diyagramı.	60
Şekil 4.30. Suların mineral doygunluk indisi değerleri grafiği.....	62
Şekil 4.31. İnceleme alanındaki suların Giggenbach (1988) üçgen diyagramındaki dağılımları	64
Şekil 4.32. İnceleme alanı suları Entalpi-Silis diyagramı.....	67
Şekil 4.33. İncelenen suların Entalpi-Klorür diyagramı (kuvars).....	69
Şekil 4.34. İncelenen sulara ait Cl anomali haritası.....	72
Şekil 4.35. İnceleme alanına ait SiO ₂ anomali haritası.....	74
Şekil 4.36. İnceleme alanından alınan izotop örneklerinin lokasyonları	75
Şekil 4.37. İzotop örneklerinin beslenme sıcaklık ve kotu grafiği	77
Şekil 4.38. İnceleme alanındaki örneklere ait $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiği.	78
Şekil 4.39. İncelenen suların ¹⁸ O dağılımı haritası ve 3B topografya üzerinde görünümleri.	79
Şekil 4.40. İnceleme alanındaki suların trityum içerikleri.....	80
Şekil 4.41. Örneklerin Oksijen-18 ve trityum içerikleri kullanılarak, dolaşım süreleri ve beslenme alanı yüksekliğine göre gruplandırılması.	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Develi Yeşilhisar alt havzası içinde ve çevresinde bulunan yağış istasyonları.	32
Çizelge 4.2. Ölçüm gerçekleştirilen kaynaklar, lokasyon bilgileri, kaynak başı sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) değerleri (Mayıs 2015). 51	
Çizelge 4.3. Ölçüm gerçekleştirilen kuyular, lokasyon bilgileri, kaynak başı sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) değerleri (Mayıs 2015).....	51
Çizelge 4.4. İnceleme alanında yer alan kuyu ve kaynakların majör anyon katyon dizilimi (meq/L).	53
Çizelge 4.5. Örneklerin Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Göre Sınıflaması	54
Çizelge 4.6. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları (Haziran 2016) (mg/l).	55
Çizelge 4.7. Suların mineral doygunluk indisi değerleri	62
Çizelge 4.8. İncelenen suların hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları (°C).	65
Çizelge 4.9. Proje çalışmaları kapsamında alınan ve DSİ tarafından yapılan ve dağılım haritalarında kullanılan örneklere ait lokasyon ve analiz değerler	70
Çizelge 4.10. İncelenen sular izotop analiz sonuçları (SK: Su kuyusu K: Kaynak)..	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DES	Düşey Elektrik Sondaj
EFZ	Ecemiş Fay Zonu
JAS	Jeotermal Araştırma Sondajı
JES	Jeotermal Elektrik Santrali
KMSD	Küresel Meteorik Su Doğrusu
mD	Milidarcy
MT	Manyetotellürik Yöntem
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
Mwe	Megavat Elektrik
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Kompleksi
OAFZ	Orta Anadolu Fay Zonu
ÖEİ	Özgül Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
pH	Hidrojen İyonu Aktivitesinin Negatif Logaritması
SI	Doygunluk İndisi
SMOW	Standart Mean Ocean Water (Standart Ortalama Deniz Suyu)
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
TDS	Toplam Çözünmüş Madde
TFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TU	Trityum Birimi
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
$\delta^{18}\text{O}$	Oksijen 18
$\delta^2\text{H}$	Döteryum
^3H	Trityum
$\mu\text{S}/\text{cm}$	Mikrosiemens santimetre

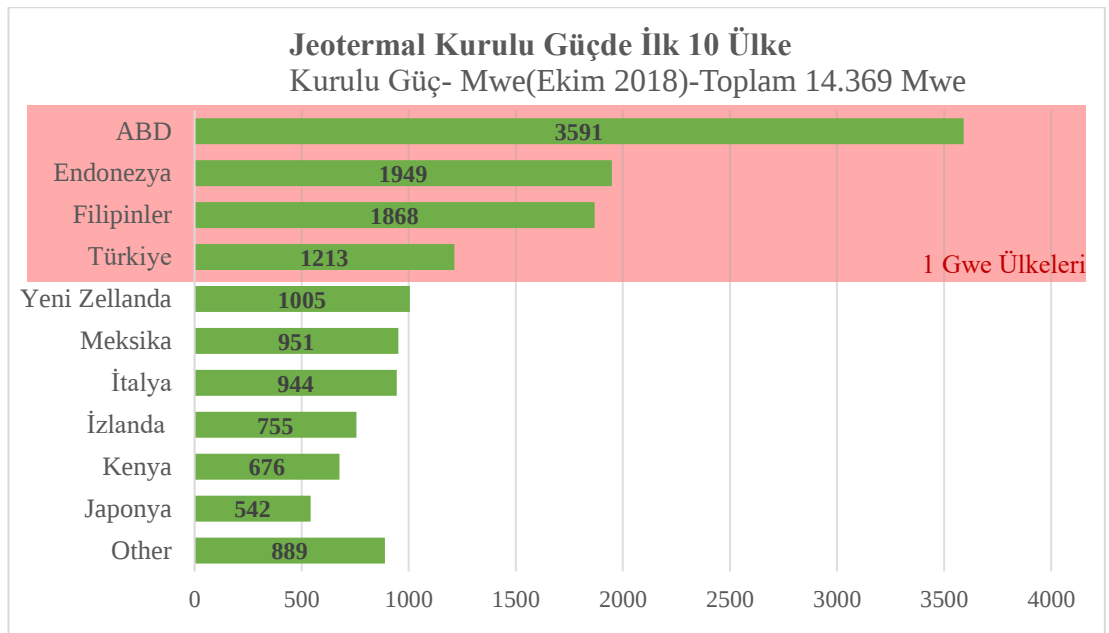
1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Ülkemiz jeotermal enerji açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin ortaya çıkarılması ve değerlendirilmesi konusunda Ülkemizde son yıllarda önemli projelere hayata geçmektedir. Küreselleşme sürecinin hızla yayıldığı bir dünyada, ülkelerarası bilim ve teknoloji transferi giderek daha büyük bir önem kazanmakta olup jeotermal kaynak zenginliğimizi enerji üretimine yönlendirmemiz ülkemizin yerli kaynaklardan enerji üretimi hedefine önemli bir destek verecektir.

Bilindiği gibi Jeotermal Enerji yenilenebilir temiz, ucuz ve çevre dostu olan yerli bir yeraltı kaynağıdır. Ülkemizde yer alan jeotermal kaynaklar yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bugün için ülkemizde elde edilen jeotermal enerjiden elektrik üretimi, konut ısıtmacılığı, seracılık ve termal turizm alanlarında uygulamalar bulunmakta olup, ekonomiye önemli katkılar sağlamaktadır.

Türkiye’de jeotermal enerji, fosil yakıtların kullanımının gün geçtikçe azalması ile yeni ve yenilebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve mevzuat boşluklarının giderilmesi ile özellikle jeotermal elektrik üretim santrallerinin kurulması ve işletmeye alınmasından sonra büyük bir artış yakalamıştır. Bu artış ile ülkemizde 2002 yılında jeotermal elektrik santralleri kurulu gücü 15 Mwe iken 2018 yılı ekim ayı itibarı ile JES Kurulu gücü 1212,8 Mwe ulaşmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. JES kurulu kapasitesinin ülkelere göre dağılımı [1].

1.2 Jeotermal Sistemler

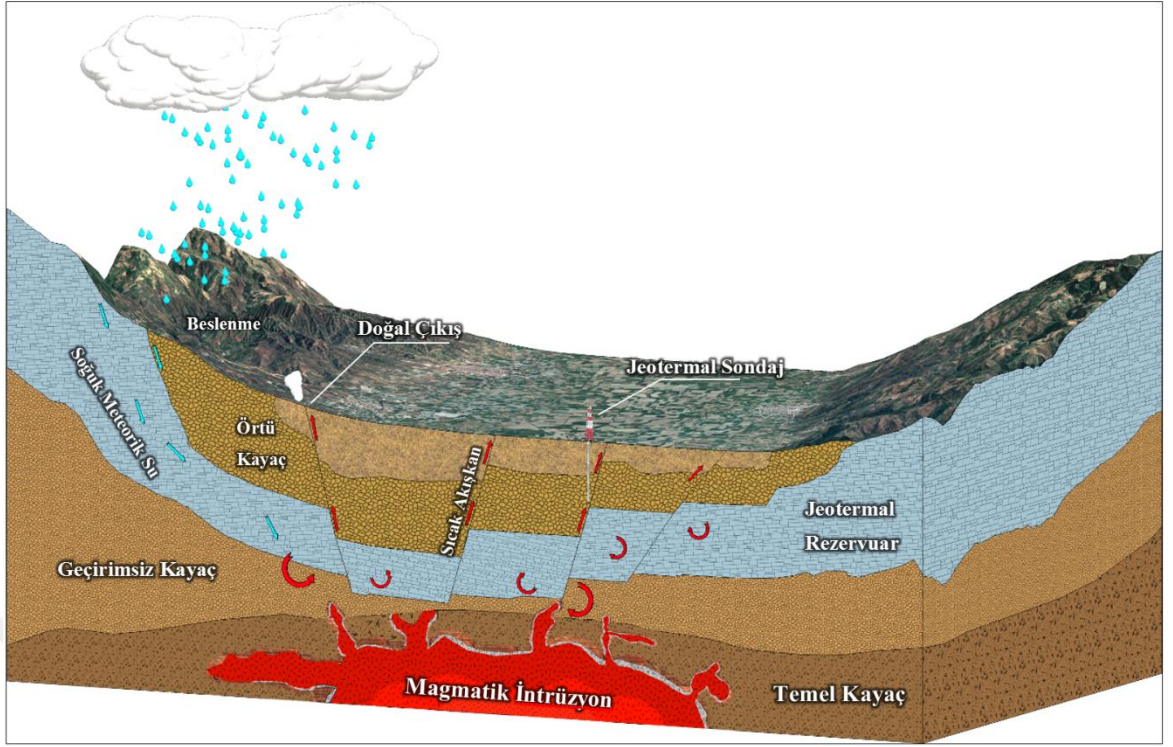
Jeotermal sistem üç ana unsurdan oluşmaktadır: Isı kaynağı, rezervuar ve ısıyı taşıyan akışkan (Şekil 1.2).

Isı kaynağı yüksek sıcaklıklı ($>600\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve yüzeye yakın kısımlara ulaşabilen (5–10 km) magmatik sokulumlar olabileceği gibi, düşük sıcaklıklı sistemlerde de derinlikle birlikte artan normal sıcaklık (jeotermik gradyan -ortalama $2,5\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) olabilir.

Rezervuar ise ısıyı taşıyan sıvının devir-daim edebileceği çatlaklı (permeable) kayalardır. Rezervuarların üzerinde genellikle geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır.

Jeotermal akışkan ise çoğu durumda meteorik sudur ve rezervuarda sıcaklık ve basınca bağlı olarak buhar veya sıvı haldedir. Bu su genellikle bazı kimyasal maddeler ve gazlar (CO_2 , H_2S gibi) içerir.

Jeotermal sistemin mekanizması sıvının ısıyı iletimi üzerinedir. Konveksiyon akım (ısı iletimi) ısınma nedeniyle oluşur ve sonuçta sistemdeki sıvının termal genişmesine neden olur. Düşük yoğunluklu ısınmış sıvı, sistemde yükselme eğilimindedir ve sistemin kenarlarından gelen yüksek yoğunluklu soğuk su ile yer değiştirir. Doğal olarak konvensiyonel akım sisteminde, alt kısımlarda sıcaklık azalma eğiliminde iken üst kısımlarda sıcaklık artma eğilimindedir. Yukarıda gösterilen modelleme oldukça basittir. Gerçek jeotermal sistemler için yapılacak iyi bir modelleme oldukça zordur. Yapılacak modellemede yüksek sıcaklığa bağlı olarak çok disiplinli ve geniş bir çalışmaya gereksinim vardır. Jeotermal sistem çok değişken jeolojik, fiziksel ve kimyasal karakteristiğin kombinasyonuna bağlı olarak oluşur. Jeotermal sistem unsurları içerisinde sadece ısıtıcı kaynak doğaldır. Diğerleri sisteme sonradan eklenebilir. Örneğin, elektrik üretiminde kullanılan akışkan faz su ve buhar olarak ikiye ayrıldıktan sonra atık hale gelen su tekrar yeraltına enjekte edilerek tekrar kullanıma sunulabilir.



Şekil 1.2. Jeotermal sistemin elemanları.

1.3 Volkanik Jeotermal Sistemlerin Yapısı, Jeotermal Akışkanın Hidrokimyası ve Araştırma Yöntemleri

Kayseri Erciyes volkanik alanının jeotermal açıdan değerlendirilmesi yapılırken bir çek ayır havzanın karakteristik yapısı ile buna bağlı gelişen volkanik bir sistemin jeotermal potansiyeli nasıl oluşturabileceğinin değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle güncel volkanik faaliyetleri nedeni ile konvektif olarak ısınan ve çek-ayır havza yapısı ile genişleme tektoniğinin etkin olduğu olduğu değerlendirilen söz konusu sahanın daha iyi anlaşılabilmesi için açılma tektoniği etkin sistemlerde hidrojeokimyasal süreçler ve bu sistemleri araştırma yöntemlerine ait genel bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

Hochstein (2013), benzer jeolojik özellikler temelli bir sınıflandırma yaratmış, jeotermal sistemlerde akışkanlar genel olarak meteorik suyun yüksek kottan süzülmesi ve aynı zamanda magmatik akışkanlarla kısmi karışmayı da içeren ve Konveksiyon ağırlıklı jeotermal sistemleri için kullanılan bu sınıflama, Şekil 1.3' de gösterildiği üzere bir tarafta magmatik sahalarda volkanik ve plütonik alanlar ve diğer tarafta ise

yerel veya bölgesel genişlemeli deformasyona sahip alanlarda fay kontrollü jeotermal sistemler şematize edilmiştir [22].

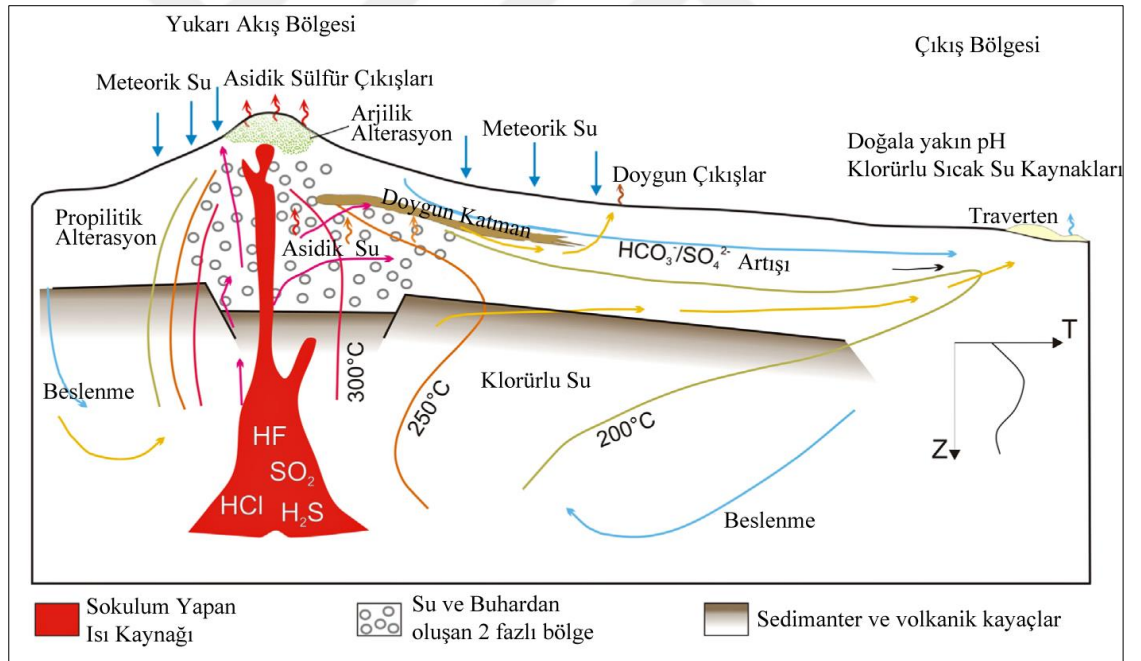
1	<i>Volkanik Tip</i>	<i>Plütonik Tip</i>	<i>Genişleme Tektoniği Etkin Tip</i>
2	<i>Java-Kamojang</i>	<i>Laderello</i>	<i>Bradys</i>
3	Magmatik Yaylar Okyanus Ortası Sırtları Sıcak Noktalar	Genç Dağ-Oluşumları Dağ-oluşum Sonrası Faz	Metamorfik Çekirdek Yay-ardı Genişlemesi Çek-ayır Havzalar Kıta içi Riftler
	Magma Odası, Sokulum	Genç Sokulum+genişleme	İncelen kabuk→Yükselen Isı akışı
4	Aktif Magmatizma(Volkanizma)	Güncel Plütonizma	Aktif Genişleme Tektoniği
5			
6	Fay Kontrollü Magmatik		

Şekil 1.3. Konvektif ısı akışı hakim jeotermal sistemlerin sınıflandırılmasında; yapısal jeoloji, magmatizma, volkanik aktivite, (Ör. Java-Endonezya), güncel plütonik aktivite (Ör. Laderello, İtalya), ve genişleme tektoniğinin (Ör: Bradys-ABD) kullanılması [21].

1.3.1 Magmatik jeotermal alanlarda bulunan volkanik ve plütonik sahalar

Volkanik alanlarda magma odalarındaki ana ergime süreçleri, bazalt ve kristalize eriyiklerin yeniden erimesi jeotermal akışkanın kimyasını, akışı ve genel jeotermal sistemi kontrol eder. Bu akış sistemi, yukarı-akış ve kaynak çıkışı olarak ayrılabilir (Şekil 1.4). Bu bağlamda magmadan kristalleşen ve yüzeyin altında yavaşça soğuyan bir Plüton, yüzlerce metreden kilometrelere varıncaya kadar büyük boyutlarda olabilir ve batolitleri, daykları, silleri, stokları, lakolitleri ve lapolitleri içerebilir ve jeotermal sistemlerde ısı kaynağı rolünü üstelenebilir. Aktif ve güncel magmatik aktivite ısı kaynağı olabilecek muhtemel bir ısı kaynağına işaret edebileceği gibi aktif olmayan ve tükenmiş 5 km'den daha derin olan bir magmatik aktivitede, artık ısı ve granitik kayalarındaki gibi radyoaktif bozunma ile ısı kaynağını oluşturabilir [26]. Bu çalışmada aktif, güncel, aktif olmayan magmatik aktivite olarak McCoy-West (2011), tarafından sınıflandırıldığı gibi tanımlanmış olup 500 yaşından daha genç olanlar aktif magmatizma, 500 ile 50.000 yaş aralığında olan güncel magmatizma, 50.000 yıldan daha yaşlı olanlar ise aktif olmayan ya da tükenmiş magmatizma olarak sınıflanmıştır [26].

Magmatik bir jeotermal sistemde büyük ölçekli enerji üretimi için hedef birincil rezervuar ve yüksek sıcaklıktaki akışkanın yükseldiği bölgedir. Buna karşılık, çıkış bölgesi genellikle ikincil bir rezervuar olarak adlandırılır orta ile düşük sıcaklıklı sahaları temsil eder ve debi yeterliyse küçük enerji santralleri için yeterli olabilir [24]. Çıkış bölgesindeki sıcaklık gradyanı tipik olarak sığ derinlikte artar ve ancak sıcaklık etkisi yükselen akışkanın yer aldığı rezervuar katmanının altında derinlik arttıkça sıcaklık düşer (Şekil 1.4). Çıkış bölgesinin sınırında yayılan jeotermal akışkana tipik olarak traverten ve 40-100 °C arası sıcaklıkta kaynaklar eşlik eder [25]. Bununla birlikte, çıkış bölgesi kaynakları yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin bulgularını yansıtmaz. Yukarı akış bölgesinde ise, kaynağın yer aldığı alanda yüksek sıcaklıklar bulunduğunu gösteren termo-kimyasal olarak altere olmuş kayaçları oluşturan alterasyon ürünü kil minerallerini ve bunlarla ilişkili olarak asidik doğal çıkışlar gibi yüksek entalpili jeotermal sahaların karakteristik özelliklerini yansıtan bulgular yer alır.



Şekil 1.4. Yitim zonunda bulunan magmatik yay-ardı aktif volkanik bir sahada bulunan jeotermal sistem [22].

Magmatik (hem volkanik alan hem de plütonik) jeotermal sistemleri için bulgular ve keşif yöntemleri şunlardır:

Tipik rezervuar olarak çeşitli volkanik kayaçlar (çeşitli bazalt türleri, felsik lav akıntıları, kül-akış tüfleri) ve sedimanter kayaçlar görülebilir. Bu tür sistemleri temsil eden çıkış kayaçları, çıkış alanlarının sonundaki traverten birikintileridir.

Bu sahalarda gözlemlenen akışkan; yukarı akış bölgesinde asidik sülfat sular, magma odasından çıkan SO_2 , HCl , HF , CO_2 , H_2S , 0-3 arası düşük pH'lı gazlar halinde gözlemlenebilir [20]. Çıkış bölgesinde ise Sodyum klorür, nötrden-alkaliye pH, meteorik su ile karışım ile Ca^{+2} bakımından zengin, Mg^{+2} bakımından fakir yeraltı suları ve CO_2 ve H_2S gaz çıkışları görülebilir.

Bu tür jeotermal sistemlerin yüzey bulgularının incelenmesinde hidrojeolojik rejimler ve jeolojik ortamların yanı sıra akarsuların, seyreltik termal akışkanların, sıcak su kaynaklarının ve yeraltı suyu kuyularının jeokimyasal analizlerinin ayrıntılı bir değerlendirilmesinin yapılması gereklidir.

Bu jeotermal sistemlerde incelemeler yapılırken kullanılması gereken araştırma yöntemleri şunlardır:

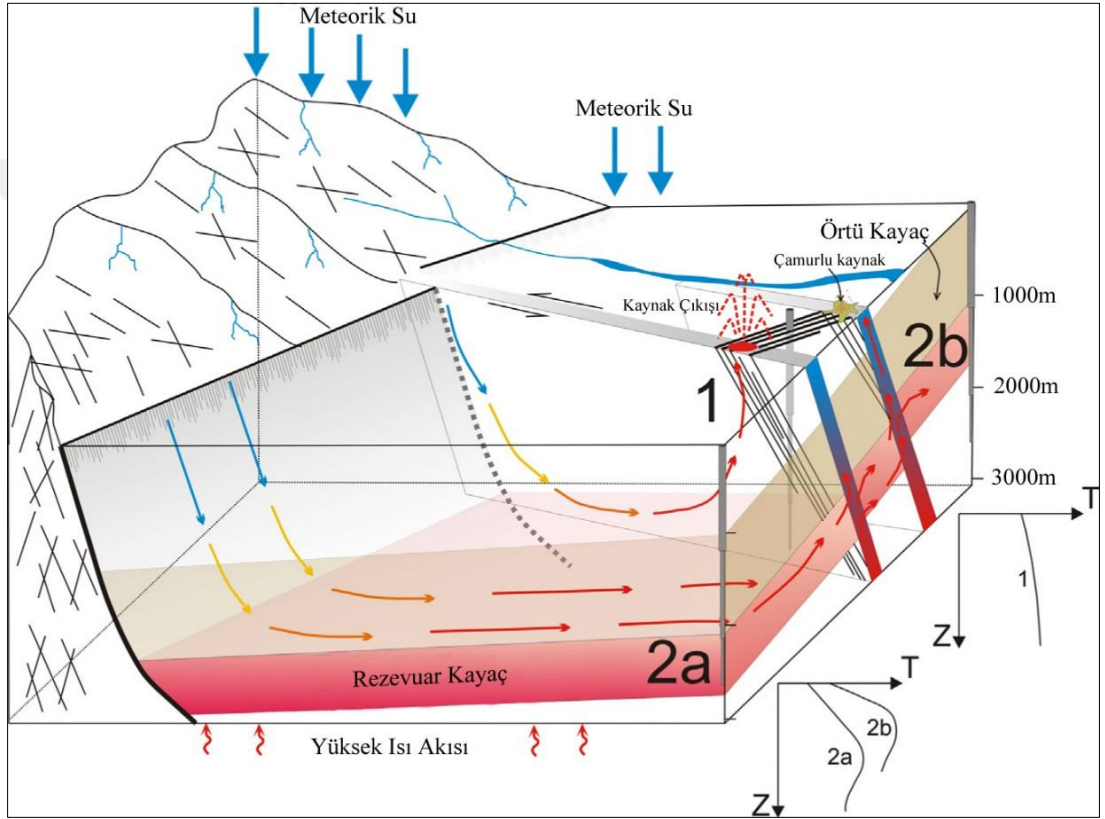
- Yukarı akış bölgesinin yüksek rezistivite anomalisinin tanımlanması amacıyla rezistivite etütlerinin yapılması,
- Çok sayıda sıkı kuyudan ölçülen jeotermal gradyan anomalilerinin değerlendirilmesi ile varlığı düşünülen jeotermal bir rezervuardaki akışkan tarafından soğrulan sıcaklığın anomalilerinin tespit edilmesi [29],
- Yukarı akış zonundan jeotermometre (Na-K-Ca) hesaplarının yapılması [27],
- Yukarı akış ve çıkış zonunda yüksek Mg içeren yüzey suları ile kirlenmemiş olması durumunda termodinamik termometre hesaplarının yapılması [27],

gerekmektedir.

1.3.2 Magmatik olmayan jeotermal sistemler–açılma tektoniği etkin sistemler

Magmatik olmayan konveksiyon ağırlıklı jeotermal sistemleri ya fay kontrollü ya da faydan sızıntı şeklinde oluşur. Tamamen fay kontrollü jeotermal sistemlerinde konveksiyon akımı, fay boyunca meydana gelir ve genellikle fay zonu boyunca meteorik suyun süzülmesi ile oluşur [27].

Faydan zonundan beslenen jeotermal sistemlerinde, akışkan fay zonundan örtülü geçirgen bir formasyona, rezervuara sızar. Daha sonra, bu akışkanlar rezervuarı kesen bir fay ile fay zonuna ve oradan da yüzeye hareket edebilir (Şekil 1.5). Termal akışkanlar bir fay zone boyunca yükselen bölgeden uzaklaştıkça, bikarbonat ve magnezyumun artması ve bor, sülfat ve klorürün azalması ile belirtildiği gibi daha soğuk yeraltı suyu veya meteorik su ile karışırlar [29], [30]. Fay kontrollü jeotermal sistemlerin en iyi örneklerinden bir tanesi ABD'nin batısında bulunan The Great Basin'dir [32].



Şekil 1.5. Magmatik aktivitenin olmadığı açılma tektoniği etkin jeotermal sistemlerin yapısı ve 1, 2a ve 2b zonları sıcaklık derinlik ilişkisi grafikleri [22].

Magmatik aktivitenin olmadığı açılma tektoniği etkin jeotermal sistemlerde akışkan (Şekil 1.5’de görüldüğü üzere) (1) konveksiyon hücresi olarak adlandırılan ve fay boyunca süzülen meteorik suyun yüksek jeotermal gradyan ile ısınarak fay zone üzerinde tekrar yüzeye çıkmasıyla, (2a) gözenekli ve iletimliliği yüksek hidrotermal rezervuar içerisinde ve (2b) bu rezervuarı kesen bir süreksizlik zone ile yeryüzüne

ıkması ile gözlemlenebilir. Ayrıca bu sistemde 1 ve 2 nolu zonlarda ve açılan gradyan kuyularında gözlenebilecek sıcaklık derinlik grafikleri gösterilmiştir.

Dünyada bu tür jeotermal sistemlerin en iyi rnekleri, Batı Türkiye veya Doğu Afrika Rift'i veya Orta Avrupa'daki Yukarı Ren grabeni gibi tektonik olarak aktif kıtalararası rift grabenleridir. Faylar boyunca meydana gelen akışkan hareketi, kabuktaki gerilimin şiddeti ile kontrol edilir. Fay gerilimi modellemesi, karmaşık bir fay yapısına sahip bir alanda jeotermal enerji üretimi için elverişli fayların tanımlanmasında yardımcı olabilir [32]. Normal faylar veya eğim ve doğrultu atımlı bileşenleri olan normal faylar jeotermal üretimi için hedeflenmesi uygun yapılardır [34].

Tipik rezervuar kayaçları, Volkanik, plütonik veya sedimanter kayaçlar olabilir ve doğal çıkış noktalarındaki traverten ve silis çökelimi, derinlerdeki rezervuar hakkında bilgi verir.

Tipik akışkan hidrojeokimyası, Yüksek Cl ve HCO₃, düşük- (Ca, Mg) olarak gözlemlenir.

Bu jeotermal sistemlerde incelemeler yapılırken kullanılması gereken araştırma yöntemleri şunlardır:

- Jeolojik haritalama çalışmaları ve rezistivite etütleri ile beraber jeokimya çalışmaları kullanılarak hidrotermal alterasyon alanları ve sıcak su çıkışlarının tespit edilmesi,
- Fay evriminin tanımlanarak alanda fay bloklarının tespiti ve çatlak zonların tespit edilmesi,
- Havadan manyetik çalışmaları ile yzeeye yakın bölgelerde demirce zengin ve alterasyon içeren zonların tespitinde bulunulması,
- 500 m den daha sığ rezervuarlar için diğer rezistivite yöntemlerinden AMT (audiomanyetotellrik) ve CSAMT (yapay kaynaklı manyetotellürik) alışmalarının yapılması [34],
- 500 m den daha derin rezervuarlar için jeofizik MT (manyetotellürik) alışmaları ile detay jeoloji haritalaması ve gradyan sondajlarının yapılması [34],
- Gravite ve mikrogravite gibi yoğunluk araştırma yöntemleri ile litoloji ve yoğun alterasyon (silisleşme) bölgelerinin tanımlanması yapılması ve volkanik çıkış ve havza

geometrisinin ortaya konması ve aktif sismik çalışmaları ile sismik hız modelinin belirlenmesi,

- Volkanik arazilerde iyi sonuçlar vermeyen ve akışkanın belirlenmesinde etkin kullanılamayan sismik yansıma yönetiminin graben ve bu tip havzalarda yapısal jeolojinin ortaya konmasında etkin olarak kullanılması,
- Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (InSAR) yöntemi kullanılarak üretim yapılan sahada meydana gelen çökmenin yada reenjeksiyon ile meydana gelen yükselmenin tespit edilmesi,
- Tüm yöntemlerle elde edilen verinin CBS ortamına aktarılması ve jeotermal potansiyel haritalarının hazırlanması gerekmektedir [34].

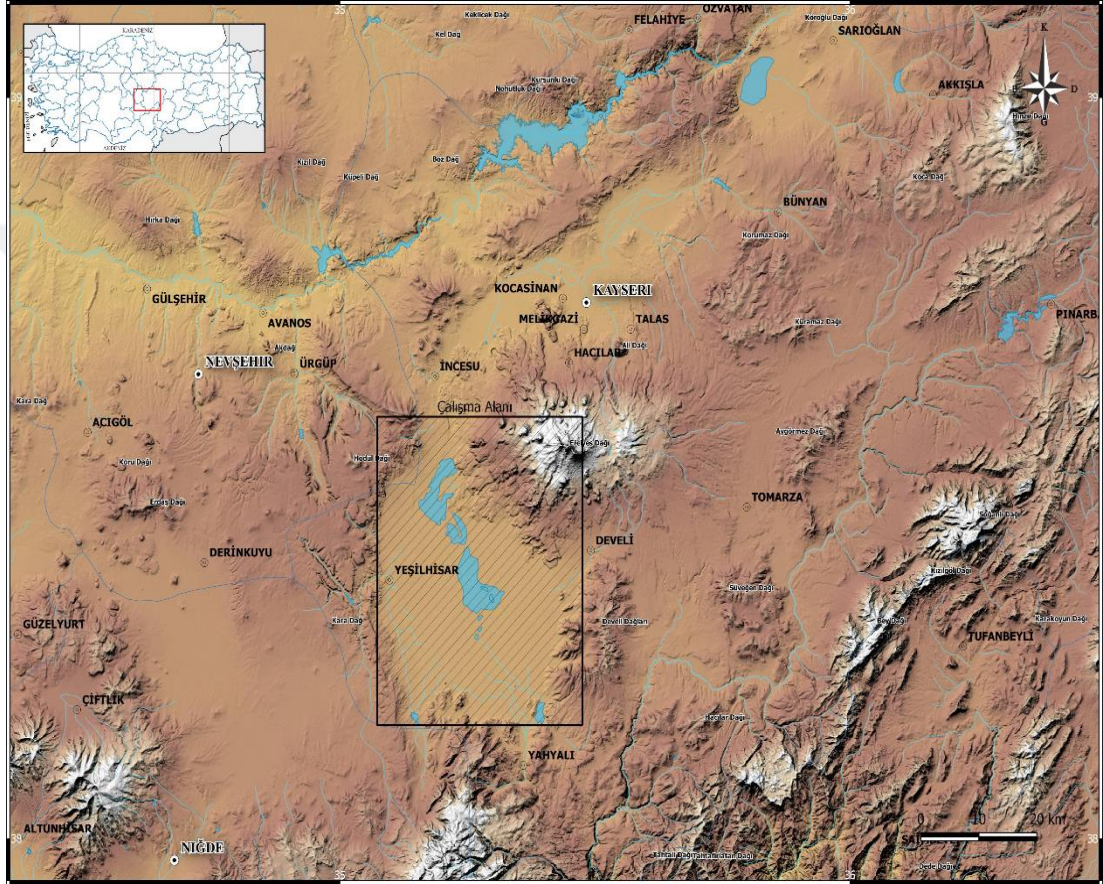
1.4 Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Jeolojik olarak Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağında yer alan ülkemiz, genç tektonik dönemde kazanmış olduğu çok kırıklı yapısı ve geçirmiş olduğu volkanik faaliyetlerden dolayı jeotermal kaynaklar yönünden zengin konumdadır. Sahip olduğu jeotermal kaynak potansiyeli ve kullanımda ulaşılan durum itibarıyla Dünya lkeleri içerisinde ilk sıralardadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün öngördüğü ve resmi veri olarak kullanılan teorik potansiyel 31.500 MWt'dir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, söz konusu elde edilebilecek teorik potansiyelin 60.000 MWt düzeyine ulaşabileceğı tahmin edilmekte olup 10. Kalkınma Planı Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda ifade edilmektedir [2]. Bu raporda belirtildiğine göre, Türkiye'nin teorik jeotermal potansiyelini Türkiye Jeotermal Derneğı 62.000 Mwt olarak öngörmektedirler.

MTA verilerine göre Türkiye' de jeotermal enerji çalışmaları yaklaşık 49 yıl önce MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmış ve bugüne kadar yapılan çalışmalarla 376 adet jeotermal alanın varlığı keşfedilmiştir. Bu alanların % 79'u Batı Anadolu'da, % 8,5'i Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesinde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğerk bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 94'ü düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.d.) için uygun olup, % 9'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

1.5 İnceleme Alanı

Çalışmalara konu olan jeotermal kaynak arama çalışmalarının yapıldığı alan Kayseri il merkezinin güneybatısında yer almakta olup, İncesu ile Yeşilhisar ilçeleri ve yakın civarını kapsamaktadır (Şekil 1.6). Söz konusu inceleme alanı, 1/25.000 ölçekli Kayseri K34-d1, d2, d3, d4 ve L34-a1, a2, a3, a4, d1, d2 paftaların sınırları içinde yaklaşık 850 km² alanı kapsamaktadır.



Şekil 1.6. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

İnceleme alanında temelde Devoniyen-Permiyen aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşlarından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Yahyalı istifı içerisindeki Yellibel ve Karlığın-tepe formasyonlarına ait birimler yer almaktadır. Yahyalı istifini Üst Kretase yaşlı Aladağ ofiyolit napı tektonik olarak üzerlemiştir. Bütün bu birimleri uyumsuz olarak örten örtü kayaçlarını ise Orta Eosen-Kuvaterner aralığında çökelmiş volkanik ve sedimanter kayaçlar oluşturmuştur. İstif, Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozu, eski ve güncel alüvyonlarla son bulur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Proje bölgesinde, özellikle Erciyes volkanik topluluğunda, önceki yıllarda, çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Pasquare (1968) ve Pasquare vd., (1987) Erciyes volkanizmasının 5 evrede meydana geldiğini ve volkanizmada dasitik lav domları ile süngertaşı ve küllerin patlamalı çıkış gösterdiğini belirtmişlerdir [4, 5].

Innocenti vd., (1975) bölgede yer alan volkanitlerde K/Ar yöntemiyle radyometrik yaş tayinleri yaparak, birimin yaşını Üst Miyosen bulmuşlardır. Tomarza, Kayseri, Erciyes ve İncesu dolayında yapılan başka radyometrik ölçümlere göre, İgnimbiritlerin yaşını Kuvaterner bulmuşlar; Erciyes volkanizmasının Üst Miyosen-Kuvaterner periyodunda aktif olduğunu belirtmişlerdir [6].

Batum (1978), Erciyes volkanizmasının üst Miyosen döneminde başladığını ve tarihsel zamanlara kadar aktif olduğunu, bölge volkanitlerinin kalkalkalen türde ve iz element kapsamlarına göre ise kabuk kökenli bileşim gösterdiklerini saptamıştır [7].

Ketin (1983), Erciyes yanardağının ortasından yükseldiği Erciyes havzasının, Ecemiş sol yanal doğrultu atımlı fayının denetiminde gelişen büyük bir tektonik havza olduğunu ileri sürmüştür [8].

Güner vd., (1984) Kayseri havzasının, alt Pliyosen döneminde KD-GB yönlü normal atım bileşenli, doğrultu atımlı fayların denetiminde oluşmuş tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes strato volkanının, Kayseri havzasını doldurduğunu belirtmişler ve Kayseri havzasının jeotermal enerji yönüyle incelenmesini önermişlerdir 9.

Mumcuoğlu (1985), "Uzaktan Algılama Yöntemi ile Niğde-Nevşehir-Kayseri-Yöresinin Jeolojisi ve Tektoniği" adlı çalışmalarında inceleme sahasının güneyini kapsayan birimlerin Neojen volkanitlerinden oluştuğunu ifade etmişlerdir [10].

Özgür (1986), Kayseri havzasının, geniş yayımlı, büyük hacimli piroklastik boşalımına bağlı olarak çöken, çembersel faylarla sınırlı, elipsoid geometrili ve büyük bir kaldera olduğunu vurgulamıştır [11].

Ercan (1986), Erciyes volkanizmasından püsküren piroklastitlerin, 100 km çapında geniş bir sahaya dağıldığını, Orta Anadolu karasal havzalarında kimi zaman karalarda yığıştığını, kimi zaman da bir göl içinde ara katkı olarak çökelerek kalın volkanik piroklastik örtüler oluşturduğunu açıklamıştır [12].

Atabey (1988), Hacıbektaş-Gülşehir-Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri) arasının 1/100.000 ölçekli jeolojik ve tektonik incelemesini yapmışlardır. Buna göre sahada temeli Paleozoyik yaşlı mermerlerin oluşturduğunu, daha üstte ise üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanitlerin, tüfler, kumtaşı-kiltaşı-marn ve yanal geçişli olarak ignimbirit ve kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı alüvyonun yer aldığını saptamışlardır [13].

Özmutaf ve Tekin (1990), Bayramhacı kaplıcaları ve civarında yaptıkları çalışmada, temelin Paleozoyik yaşlı mermerlerden oluştuğunu, üst Miyosen-Pliyosen'de; istifin alttan üste doğru, Aglomera-tüf-lav akıntılarından oluşan volkanitler, pomza çakıllı tüfler, kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması ve yanal geçişli olarak ignimbirit ve kireçtaşlarının yer aldığını, Kuvaterner'de ise alüvyon ve yamaç molozlarının ve travertenlerin bulunduğunu tespit etmişlerdir [14].

Beekman (1966), İncesu bölgesinde gerçekleştirdiği, jeolojik ve volkanolojik amaçlı çalışmasında, sahanın önemli bir kısmının genellikle bazik bileşimde olan geniş volkanik kütlelerden oluştuğunu, sahada yer alan fayların Erciyes Dağı'nı çevreleyen bir fay sisteminin parçası olduğunu belirtmiştir [15].

Günalay (1976), Kayseri ilinin pek çok bölgesinde Orta Anadolu'nun geniş Neojen ve Pliyosen-Pleyistosen sedimantasyon alanlarında, linyit yataklarının oluşumu ve korunması için elverişli şartların beklenebileceğini, Pliyosen yaşlı havza dolgularının orta kısımlarında ve tabanında muhtelif yerlerde işletmeye elverişli olmayan linyitlerin mostra verdiğini ve serinin üst kısımlarında linyitlere rastlanmadığını ayrıntılı biçimde açıklamıştır [16].

Erkan (1978), Kayseri ili Develi ilçesine bağlı Zile ve Tombak köylerinde yer alan demir cevherleşmeleriyle ilgili yaptığı çalışmada; çalışma sahasında Paleozoyik yaşlı kireçtaşlarının temeli oluşturduğunu, bunun üzerine Neojen'den başlayarak Kuvaterner'de de süren Erciyes volkanizmasının ürünlerinin geldiğini, volkanik-

oluşumlu limonit-hematit cevherleşmelerinin tüf ve aglomera birimlerinin geçişinde yer aldığını belirtmiştir [17].

Güner vd., (1984) Kayseri havzasının Alt Pliyosen’de KD-GB yönde normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylarla oluşmuş tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes stratovulkanının, Kayseri havzasını GD’de sınırlayan ve sol yanal atımı ile düşey atımı (oblik) saptanan “Erciyes Fayı” üzerinde oluştuğunu belirterek; volkanizmanın Üst Miyosen sonunda başladığını ileri sürmüşlerdir [18].

Afşin (2002), proje kapsamında yer alan soğuk, sıcak ve mineralli su kaynaklarının tektonizma ve Erciyes volkanizması ile ilişkili olarak açığa çıktıklarını, Tekgöz ve Bayramhacı kaynaklarında yüzeyleyen kireçtaşlarında CaO değerlerinin %50’den yüksek olmasından ötürü karstlaşma gözlemlendiğini, suların CO₂ ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu, yeni traverten çökelimlerinin devam ettiğini, Bayramhacı sıcak ve mineralli sularının tahmini Ca-Na-HCO₃-Cl tipi su kimyası fasiyesine girdiklerini ve kaynak sularının hazne kaya sıcaklığının 80 °C dolayında olduğunu belirtmişlerdir [19].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Saha ve Laboratuvar Çalışmaları

Saha çalışmaları aşamasında, inceleme alanında geçmişte yürütülmüş çalışmalar ile birlikte bu tez çalışmasının da içerisinde yer aldığı proje kapsamında yapılan jeoloji etüt çalışmaları gerçekleştirilmiş ve yapılan yorum ve değerlendirmelerde jeoloji haritası temel alınmıştır.

Saha çalışmalarının jeofizik etüt kısmında ise inceleme alanı içerisinde kalan ve termal aktivite olabileceği önceden değerlendirilen Erciyes Sultansazlığı havzasının batı sınırını oluşturan, öncelikli olarak Yeşilhisar fayını ve onu kesen DB tali fayları hedefleyen jeofizik çalışmalarında 135 değişik lokasyonda rezistivite-düşey elektrik sondaj (DES) ve 99 noktada MT ölçüsü alınmıştır.

İnceleme alanında kaynakbaşı ölçümler yapılmış, fiziksel kaynakbaşı parametrelerden pH, YSI marka pH Metre, sıcaklık, EC, TDS ve tuzluluk miktarı YSI marka Portatif Kondüktivite Metre ile ölçülmüştür.

İnceleme alanında yer alan kaynak ve kuyulardan 17 adet su örneği alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları için herhangi bir doğruluk ve kesinlik deneyleri yapılmamış olmakla beraber analiz edilen sulara ait yük-denge oranlarının %5'den az oluşu nedeniyle sonuçlar güvenilir olarak kabul edilmiştir.

Örnek alımlarında izotop analizlerinde ^3H için 500 ml hacimli, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ için ise yine 500 ml hacimli sızdırmaz, opak beyaz renkli, çift kapaklı, emniyet kilitli plastik şişeler kullanılmıştır. Örneklerin kimyasal analizleri için ise izotop örnek kapları ile aynı nitelikte 1000 ml hacimli şişeler kullanılmıştır. Örnek alınırken şişe içerisinde hava kalmamasına, örneklemeden sonra örneklerin dış etkilerden korunmasına dikkat edilmiştir. Tüm su kimyasal analizleri MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanındaki bu çalışma için alınan sulardan 5 izotop örneği ile DSI'ye ait 26 izotop örneğinin tamamı DSI TAKK Dairesi Başkanlığı bünyesindeki İzotop Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, rapor haline getirilmesi, gerekli grafik ve çizelgelerin hazırlanması ise 2018 ve 2019 yılları içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Rapor yazımında “Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez Yazım Kılavuzu, Mayıs-2018” esas alınmıştır.

3.2 Değerlendirme Çalışmaları

İnceleme alanına ait Karaca vd., (2017) tarafından hazırlanmış jeoloji haritası temel alınmıştır [55].

Bu tez çalışmasında sahadaki muhtemel ana tektonik yapıları kesen ve termal aktivite olarak değerlendirilen ve sondaj yapılan jeofizik profillerine yer verilmiştir.

Jeoloji ve jeofizik çalışmaları ile derlenen bilgiler değerlendirilerek yerleri belirlenmiş jeotermal amaçlı yapılan üç adet derin sondaj çalışmasına ait litolojik loglara ve sonuçlarına yer verilmiştir. Söz konusu üç adet sondajdan ilk yapılan ve inceleme alanının en kuzeyinde yer alan KİS-2016/6 sondajı jeotermal sahayı temsil eden jeotermal su olarak kabul edilmiştir. Bu kabulün nedenlerine sondaj çalışmaları bölümünde değinilecektir.

Jeotermal sistemin yeraltısular ile olan ilişkisinin ortaya çıkarılması adına yapılan sondajdan elde edilen suyun kimyasal özelliklerinin civarda bulunan diğer jeotermal sistemlerdeki sularla olan ilişkisine değinilmiştir. Kimyasal analizler ile yeraltısuyu ve jeotermal suyunun kökeninin, su-kayaç etkileşimi ile dolaşım süreçlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre SiO_2 ve Cl anomali alanları belirlenmiş ve haritalandırılmıştır.

Alanda DSİ Kayseri Bölge Müdürlüğü tarafından 2004 yılına ait izotop analiz sonuçları ile 2015 yılında bu çalışma kapsamında aynı noktalardan alınan örneklerin izotop analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Örnekler arasındaki fark ihmal edilebilir olarak kabul edilerek tüm havzanın beslenme boşalım yapısını ortaya koymak için DSİ’ye ait örneklerin izotop analizleri de değerlendirmeye katılmıştır.

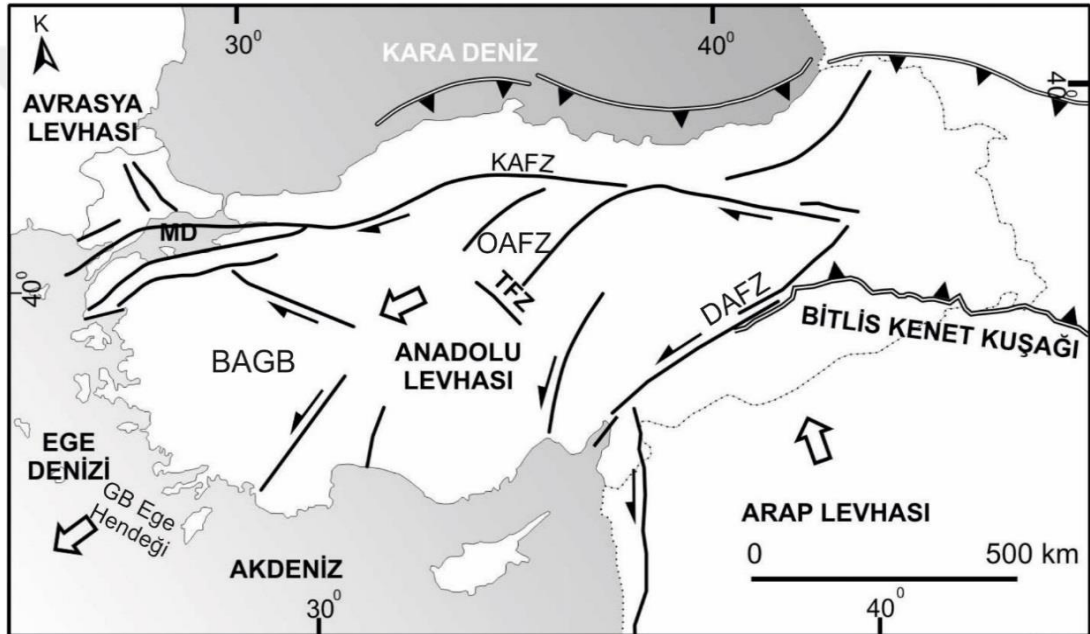
Yeraltısuyu beslenme bölgelerinin ve koşullarının belirlenmesi amacı ile ^{18}O ve ^2H verileri değerlendirilmiştir. ^3H verilerinden suyun yeraltısuyu geçiş süresinin saptanması için yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Bölgesel Jeoloji ve Tektonik

Orta Anadolu da yer alan Kayseri ve yakın dolayının neotektonik konumunun belirlenebilmesi amacıyla Türkiye'nin neotektonik yapısı ve inceleme alanını ilgilendiren neotektonik çalışmalara da aşağıda değinilmiştir.

Alp-Himalaya kuşağında yer alan Anadolu levhası, Mesozoyik-Tersiyer dönemi boyunca K-G yönlü sıkışmaya maruz kalmıştır [39]. Orta-Üst Miyosen'de, Arap levhasının kuzeye hareketinden kaynaklanan, Anadolu levhasında sıkışmalı rejimin etkin olduğu neotektonik dönem başlamıştır.



Şekil 4.1. Orta Anadolu bölgesinin tektonik konumu [40] (KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, OAFZ: Orta Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, TFZ: Tuz Gölü Fay Zonu, BAGB: Batı Anadolu Genişleme Bölgesi, MD: Marmara Denizi).

Bu rejimin kontrolünde oluşan önemli yapılar Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ), Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB), Bitlis Kenet Kuşağı ve Tuz Gölü Fay Zonu (TFZ)'dur. Anadolu bloğunun kuzey sınırını Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğusunu Doğu Anadolu Fay Zonu, Bitlis Kenet Kuşağı ve güney sınırını ise Güneybatı Ege Hendeği oluşturmaktadır. Sıkışmalı rejim etkisindeki Anadolu bloğunun devam eden yaklaşmaya bağlı olarak batıya doğru kaçışı sonucu, bölgede Şengör [39] tarafından tanımlanan Ege Graben Sistemi, Orta Anadolu Ova Bölgesi ve Doğu Anadolu

Büzölme Bölgesi ve tektonik etkilere bağlı olarak bu bölgelerde birçok havza ile yükseltiler gelişmiş ve çok çeşitli kayaç toplulukları oluşmuştur.

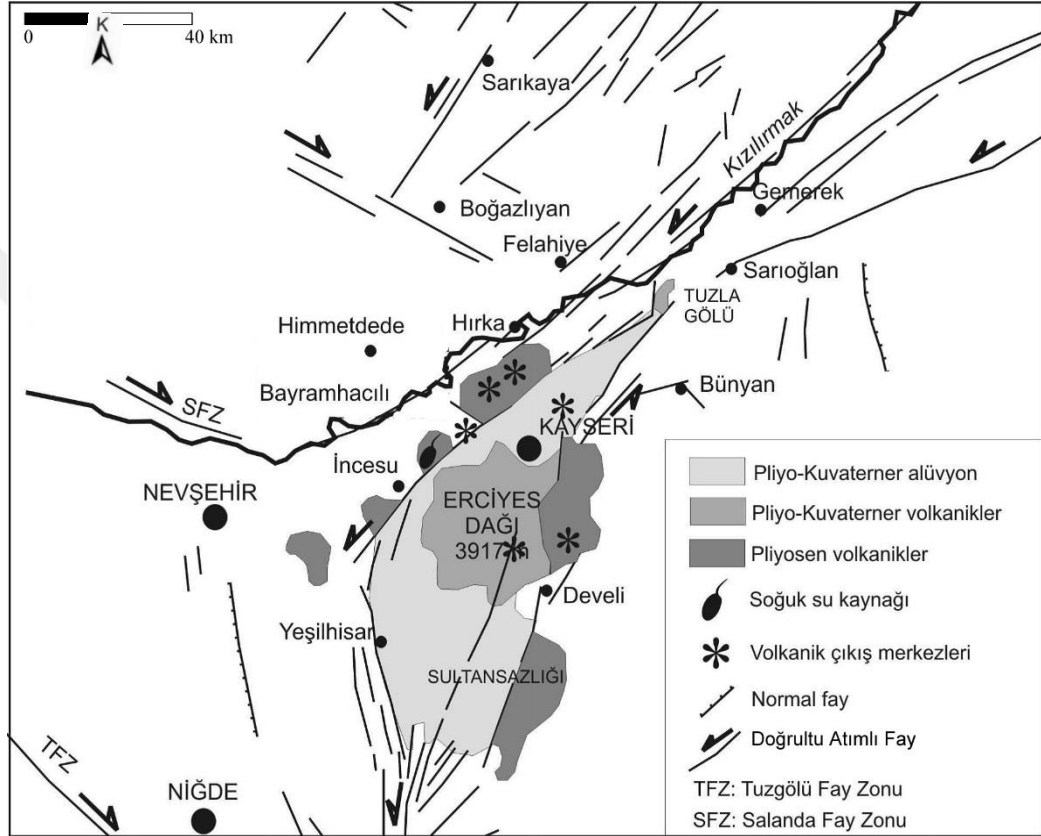
Koçyiğit ve Erol (2003) ve Dirik (2001) ise, Orta Anadolu'nun üç ana fay sistemi ile karakterize edildiğini, bu fay sistemlerinin, Orta Anadolu Kristalin kompleksinin (OAKK) batı-güneybatı kesiminde yer alan TFZ'nin, KB-GD doğrultulu, paralel- yarı paralel, normal ve oblik sağ yanal doğrultu atımlı olduğu ve basamak benzeri bir şekilde yarı graben ve horst graben şeklinde gözlemlendiğini belirtmişlerdir [36, 38]. OAKK'nın doğusunda yer alan Ecemiş fay zonunun ise KD-GB uzanımlı ve sol yanal doğrultu atımlı fay niteliğine sahip olduğunu ve Orta Anadolu volkanik alanının doğu kenarını kontrol ettiğini, Yozgat-Akdağmadeni-Boğazlıyan bölgesinde ise KB-GD ve KD-GB uzanımlı eşlenik faylardan oluştuğunu belirtmiştir.

Orta Anadolu'nun doğu kesiminini denetleyen kıta içi sol yanal doğrultu atımlı KD-GB uzanımlı fay Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ) olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık 730 km uzunluğunda, 2 ile 80 km genişliğinde KD uzanımlı fay kuzeydoğuda Düzyayla, güneybatıda ise Anamur'a oradadan da deniz altında Adana ve Antalya denizel havzalarının sınırını oluşturarak Kıbrıs'ın batısına kadar uzandığı ve Anadolu levhasını katederken 24 segmentten oluştuğu belirtilmektedir [37].

İnceleme alanının bulunduğu Orta Anadolu Ova Bölgesi kuzeyinden Kuzey Anadolu Fay Zonu, doğusundan Doğu Anadolu Fay Zonu, batısından Tuz Gölü Fay Zonu ve güneyinden Toros kuşağı ile sınırlanmıştır. Anadolu bloğunun batıya kaçışının doğu sınırını oluşturan bölgede hem Avrasya ve Arap plakalarının yaklaşması sonucu oluşan sıkışmalı rejimin etkileri gözlenmektedir [39]. Bu tektonik hareketler sonucu neotektonik dönemde genel olarak sıkışma-gerilme türü rejim denetimindeki bölgede doğrultu atımlı faylar da karakteristiktir [35]. Arap ve Anadolu plakalarının yaklaşmasıyla oluşan sıkışmalı rejim tarafından oluşturulan doğrultu atımlı sağ yanal Tuz Gölü ve sol yanal Orta Anadolu Fay Zonları Neojen-Kuvaterner havzaların gelişimini ve bu havzalardaki yapısal unsurları kontrol etmektedir.

Bölgede Üst Miyosen başlarında egemen olan K-G yönlü sıkışma temeli oluşturan Orta Anadolu Kristalen Kompleksini ve Tersiyer örtüyü etkilemiştir. Orta-Geç Miyosen'de Pontidlerin Orta Anadolu kristalen kompleksiyle çarpışması tamamlanmış ve bölge Geç Miyosen'den önce geniş bir erozyon alanı haline gelmiştir (Şekil 4.2).

Bu geniş plato üzerinde Geç Miyosen-Erken Pliyosen döneminde KD-GB doğrultulu Hırka-Kızılırmak havzası oluşmuş ve bu havzada gölsel çökellerle ardalanmalı volkanosedimanter birimlerin çökeli mi Pliyosen'e kadar sürmüştür. Geç Pliyosen'den sonra Anadolu bloğunun batıya kaçı şı Orta Anadolu Fay Zonu boyunca sol yan al harekete neden olmuştur ve bu harekete bağı lı olarak Tuzla Gölü ve Sultansazlığı çek-ayır havzaları oluşmuştur [38].



Şekil 4.2. Tuz Gölü ve Orta Anadolu fay kuşakları kontrolünde çalışma alanında oluşan yapısal unsurlar [70].

İnceleme alanında, Orta Miyosen-Kuvaterner yaş aralığında meydana gelmiş volkanik ürünler ve güney kesimlerinde Toroslara ait tektonik birlikler yer almaktadır. İnceleme alanında gözlenmemesine rağmen, Aladağ Birliği bölgedeki en üst tektonik dilimi oluşturur. Yahyalı İstifi tektonik olarak Aladağ Birliği'nin altında yer almaktadır. İnceleme alanındaki temel birimler yer yer Aladağ Ofiyolit Napı tarafından tektonik olarak örtülürken, inceleme alanı içerisinde bulunmasa da yakın civarında yer yer gözlenen Eosen yaşlı Orta Anadolu Granitoidleri tarafından kesilmektedir.

4.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanında temelde Devoniyen-Permiyen aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşlarından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Yahyalı İstifi içerisindeki Yellibel ve Karlığın-tepe formasyonlarına ait birimler yer almaktadır. Yahyalı istifini Üst Kretase yaşlı Aladağ ofiyolit napı tektonik olarak üzerlemektedir. Bütün bu birimleri uyumsuz olarak örten örtü kayaçlarını ise Orta Eosen-Kuvaterner aralığında çökelmiş volkanik ve sedimanter kayaçlar oluşturmuştur. İstif, Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozu, alüvyonla son bulur (Şekil 4.3, Şekil 4.9)

4.2.1 Yahyalı İstifi

İnceleme alanında Üst Devoniyen-Üst Permiyen aralığında çökelmiş şist ve kristalize kireçtaşından oluşan ve yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan istif, Tekeli vd., (1981) tarafından “Yahyalı İstifi” olarak adlandırılmıştır [41].

4.2.1.1 Yellibel Formasyonu (Dy)

Yahyalı istifi içerisinde yer alan birim ilk defa Ayhan ve Lengeranlı, (1986) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanı içerisinde Kovalı köyünün doğusunda mostra vermiştir [42].

Çoğunlukla sarı, yeşil ve kahverengi şistlerle temsil edilen birim, bazı yerlerde mermer, rekristalize kireçtaşları ve kalkışit ara tabakaları içeren serizit şist, kuvars-serizit şist ve fillitlerden oluşmuştur (Şekil 4.3). Birimin içerdiği litolojiler nedeniyle alt ve üst dokanakları tektonik olup, kalınlığı yaklaşık 400 m’dir.

İçerdiği krinoid, bryozoa ve brakyopodlar kesin yaş vermemekle beraber yaşı Üst Devoniyen’dir [42].

4.2.1.2 Karlığın-tepe Formasyonu (Pk)

Bu birim ilk olarak Ayhan ve Lengeranlı, (1986) tarafından tanımlanarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının güney doğusunda Höyükü, Sayburnu, Önese ve Kuzeydağ tepeler civarlarında mostra vermektedir [42].

Gri, siyah renkli, ince-kalın tabakalı, rekristalize kireçtaşlarının egemen olduğu birim, alt düzeylerinde kuvarsit ve şist araldanmasından oluşmaktadır. Birimin üst düzeylerinde siyah renkli, ince-orta tabakalı dolomitik düzeyler içeren mikritik kireçtaşları gözlenmektedir.

Ayhan ve Lengeranlı, (1986) fosil bakımından oldukça zengin olan birimin yaşı Permocaculus sp., Paleotextularia sp., Agathammia sp., Stafellidea, Nodosaridea fosillerine göre Üst Permiyen olup birimin kalınlığı 1.400 m'dir [42].

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	GRUP	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER					Qal Qeal Qytr Qeb Qea		Alüvyon Eski alüvyon Yamaç molozu Traverten Bazaltik lav akıntıları: Bazalt, olivin bazalt ve piroksen andezit bileşimli lav ve proklastikler Andezitik lav akıntıları: Andezit, bazaltik andezit, piroksen andezit bileşimli lav ve proklastikler Konglomera, kumtaşı, kireçtaşı
	TERSİYER	PLİYÖSEN	ÜST	BOĞSUNTEPE FORMASYONU		Tplb		
				KOÇDAĞ VOLK.		Tpli		Gri, pembe, siyah renkli ignimbirit
				KIZILKAYA İGNİMBİRİTİ		Tpki		Gri, kırmızı, kahve renkli ignimbirit
		MİYOSEN	ÜST	BAZALTİK LAV AKINTILARI		Tmbç		Gri, siyah renkli bazaltik lav ve piroklastikler
				ÇATALTEPE BAZALTI		Tmbcc		Cüruf konileri
				BAZALTİK DOLAR		Tmd		Gri-pembe renkli dasit
				ANDEZİTİK VOLKANİKLER		Tma		Bazaltik andezit, latit andezit bileşimli lav, andezitik lav ve piroklastikler
				DERİŞTEPE V.		Tmd		
				TEKEDAG V.		Tmd		
			ORTA	ÜRÜP		Tmü		İgnimbirit
				KALETEPE VOLKANİTİ		Tmk		Vulkanik ara seviyeli akarsu ve göl çökelleri
				DEVELİ VOLKANİTİ		Tmde		İgnimbirit
				YEŞİLHISAR		Tmy		Gri, açık mavi renkli andezit, dasit ve piroklastikler
				İNCİK		Toi		Altere bazalt ve piroksen andezit
				ÇAYRAZ		Teç		Kumtaşı, çakıltaşı, kıltaşı, çamurtaşı, jips
			ALT					Karasal çakıltaşı, kumtaşı, jips ve anhidrit seviyeli çamurtaşı
			EOSEN					Kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı
	MESOZOYİK	KRE-TASE	ÜST	ALADAĞ OFİYOLİT NAPI		Ka		Ofiyolit; Harzburjit, dunit, gabro
	PALEOZOYİK		DEVÖ- PER- MIYEN	YAHYALI İSTİFİ		Pk		Alt seviyelerinde kuvarsit ve şist araldanması şeklinde izlenen, mizzialı rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, mikritik kireçtaşı
			ÜST	KARLIĞINTEPE		Dy		Şist, mermer, rekristalize kireçtaşı ve kalkıştı ara seviyeli serizit şist, kuvars-serizit şist ve fillit

Şekil 4.3. İnceleme alanına ait genelleştirilmiş ölçeksiz dikme kesiti.

4.2.2 Aladağ Ofiyolit Napı (Ka)

Birim ilk defa Tekeli vd., (1981) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Araplı ve Doğanlı köyleri arasında ve Küçükkale Tepe güneyinde mostra vermektedir [41].

Birim genellikle harzburjit, dünit ve bantlı gabrolardan oluşmakta olup; inceleme alanında ise yaygın olarak gabrolar gözlenmektedir (Şekil 4.4). Birim içerisinde yer yer yoğun altere zonlar gözlenebilmektedir.

Bölgede, metamorfitler üzerine tektonik olarak gelmekte ve inceleme alanında genel olarak Orta-Üst Miyosen yaşlı Ürgüp Formasyonu ile dokanak ilişkisi göstermekte ve diskordan olarak ayrılmaktadır.



Şekil 4.4. İnceleme alanında yüzeyleyen ofiyolitler (Büyükkale Tepe doğusu, bakış doğuya).

4.2.3 Çayraz Formasyonu (Teç)

Birim ilk defa Schmidt (1960), tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Kovalı köyü doğusunda ve Kuşçu köyü kuzeyinde mostra vermektedir [43]. Formasyonun genellikle, alt kesimi açık renkli kireçtaşı, üst kesimleri ise kumtaşı-silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 4.3).

Birimin yaşı, alt seviyelerindeki kireçtaşlarından alınan *Alveolina* sp., *Nummulites* sp., *Opertorbitolites* sp., *Discocyclina* sp. ve *Asterigerina* sp. fosillerine göre

Kuviziye'den (Alt Eosen) başlamaktadır [46]. Alt dokanağı tektonik olan birimin üstüne, İncik Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Birim sığ denizel bir ortamda çökelmiştir.

4.2.4 İncik Formasyonu (Toi)

Birim, Birgili vd., (1975) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında Kayadibi köyü kuzeyi ve güneyinde yaygın olarak gözlenmektedir [44].

Regresif özellikli, evaporitli, kırmızı, kahve ve gri renkli, paralel ve yer yer çapraz katmanlı, az köşeli, yuvarlak taneli, orta-iyi, yer yer gevşek tutturulmuş karasal çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır (Şekil 4.3). Formasyonun alt kesimleri kumtaşları ile ara katmanlı jips-anhidritli çamurtaşlarından; orta ve üst düzeyleri ise çamurtaşları ile ardışıklı ve üstte doğru artan oranda çapraz katmanlı çakıltası ve kumtaşından oluşur [45].

İncik formasyonu, Çayraz formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmekte olup, Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonu tarafından yine uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin kalınlığı yöreye göre değişmektedir. Formasyonda yaş verebilecek bir bulgu elde edilememiş olup, stratigrafik konumuna göre birimin yaşı Oligosen olmalıdır [46].

4.2.5 Yeşilhisar Formasyonu (Tmy)

Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılmıştır [49]. Birim, inceleme alanında Yeşilhisar ilçesi kuzey ve güneyinde yaygın bir şekilde yüzeylenmektedir. Genellikle gri, boz, yeşilimsi, kırmızı ve şarabi renkli, yer yer kalın-orta tabakalı kumtaşı, çakıltası, kıltaşı, çamurtaşı ve jips içerikli birimlerden oluşmaktadır. (Şekil 4.3).

Yeşilhisar formasyonuna doğrudan yaş verebilecek bir bulguya rastlanmamış olup, birimin genel stratigrafik konumu dikkate alındığında yaşının Alt-Orta Miyosen olabileceği düşünülmüştür [49]. Birim akarsu, göl ve taşkın ovası ortamında çökelmiştir.

4.2.6 Develi Volkaniti (Tmde)

Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılan aşırı alterasyona uğramış olan volkanitler inceleme alanında Başdere köyünün güneydoğusunda yayılmıştır [49]. (Ek-A). Birim başlıca beyaz, gri, sarı, kırmızı renkli altere olmuş bazalt ve piroksen andezitlerden oluşmuştur. Porfirik dokulu olup, fenokristal olarak plajiyoklas, piroksen ve yer yer olivin içermektedir (Şekil 4.3).

Alt dokanağı gözlenemeyen birimin üzerine ise Orta Miyosen yaşlı Kaletepe volkaniti gelmiş olup yaşının stratigrafik verilere göre Orta Miyosen olabileceği ileri sürülmüştür [46].

4.2.7 Kaletepe Volkaniti (Tmk)

Birim ilk defa Dönmez vd., (2003) tarafından adlandırılmış birim, inceleme alanında volkanizmanın çıkış merkezi olan Kaletepe’de yüzeylemekte olup, adını da buradan almaktadır [49]. Başlıca gri, açık mavi renkli, ince ve eşit taneli, belirgin kuvars kristallerinin gözlendiği lav ve piroklastitlerden oluşmaktadır (Şekil 4.3). Lavlar andezit, dasit ve piroklastik karakterde olup, zayıf akma dokulu matrikse sahiptirler. Kayacın matriksi tümüyle opaklaşmış çubuksu plajiyoklas ve sanidin mikrolitleri ile tümüyle opaklaşmış amfibol minerallerinden oluşmaktadır. Başlıca fenokristal bileşenleri ise plajiyoklas, klinopiroksen ve amfibol mineralleridir (Ek-A).

Kaletepe volkaniklerinin alt dokanağında Develi volkaniti gözlenir. Bölgesel stratigrafik konumu gereği Kaletepe volkanitlerinin yaşı Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir [49].

4.2.8 Ürgüp Formasyonu (Tmü)

İlk defa Pasquare (1968), tarafından adlandırılmıştır [4]. Volkanik ara seviyeli, göl ve akarsu çökellerinden oluşan birim, inceleme alanı içerisinde İncesu ilçesi batısında, Demirtaş, Gülbayır köyleri çevresinde, Kuşçu ve Kovalı köyleri güneyinde ve Doğanlı köyünün doğusunda yüzeylemiştir (Ek-A).

Başlıca kızıl-kahve renkli, yer yer az belirgin katmanlanmalı, çakıldaşı, kumtaşı, çamurtaşı, jips ve anhidrit ile kireçtaşı ve ignimbirit ara düzeylerinden oluşmaktadır

(Şekil 4.3). Karasal ortamda çökelen birim, altındaki birimlere göre malzemesi değişmektedir. Yamaç molozu ile temsil edilen kesimler kırmızı renkli, tane desteksiz çakıltası, az kumtaşı ve bunların içinde bulunduğu çamurtaşlarından oluşmuştur. Kanal fasiyeslerini oluşturan birimler çapraz tabakalanmalı, çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı bant ve mercekleri içermektedir. Göreceli olarak üst kesimleri oluşturan ve havza ortası gölsel fasiyeslerle temsil edilen kesimler, tutturulmamış kumtaşı, genelde çamurtaşı, jips ve anhidritlerden oluşmuş, kimi yerlerde kireçtaşı ve ignimbirit bant ve mercekleri içermektedir [46]. İnceleme alanında ayrıca birimin Cemilköy ignimbirit üyesi (Tmüc) ve Gördeles ignimbirit üyesi (Tmüg) gözlenmektedir.

Birim, eş yaşlı volkanitlerle yanal ve düşey yönde giriklik göstermekte olup, yaşı Orta-Üst Miyosen'dir [46]. Birim karasal olup, akarsu ve göl ortamında çökelmiştir.

4.2.9 Andezitik Volkanitler (Tma)

Dönmez vd., (2003) tarafından ilk defa adlandırılan birim, inceleme alanı ve çevresinde yaygın bir şekilde yüzeylemiştir [49] (Ek-A). Aynı yaşta ve litolojik özellikte çok sayıdaki çıkış merkezli çoğunlukla andezitik bileşimli volkanizmalar çıkış yerleri itibarıyla Derviştepe, Tekkedağ, Sivritepe ve Keşlik-Kurtdağı volkanitleri olarak adlandırılmışlardır (Şekil 4.3).

4.2.10 Dasitik Domlar (Tmd)

Sultan Sazlığı'nın batı kesiminde, Üst Miyosen'de etkin olmuş çok sayıda dasitik domlar yer almaktadır. İnce taneli, gri, beyaz, açık pembe renkli bu domlar, Dönmez vd., (2003) tarafından dasitik domlar olarak adlandırılmıştır [49] (Şekil 4.3 ve Şekil 4.5). Bunlardan inceleme alanında Büyükkale Tepe, Tüllüce Tepe ve Hoduldağ domları gözlenmiştir.



Şekil 4.5. Büyükkale Tepe domundan bir görünüm (Büyükkale Tepe, Yeşilhisar GB'i, kuzeye bakış).

4.2.11 Kızılkaya İgnimbiriti (Tplki)

Orta Anadolu Volkanik Provensi içerisinde en geniş yayılıma sahip olan ignimbiritler olup ilk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılmıştır [15]. Yeşilhisar-Araplı-Doğanlı arasında, Başdere köyü güneyinde yaygın olarak yüzeylemektedir (Ek-A). 8.500-10.600 km²lik alanda 180 km³'lük hacmiyle düz yüzeyler oluşturmaktadır [50].

Birim başlıca kırmızı, kahverengi renkli, sütunsal ayrışmalı, iyi kaynaklanmış düzeylerle, alt seviyelerde düşme türü iyi kaynaklanmamış seviyelerden oluşmaktadır (Şekil 4.3). Kızılkaya ignimbiriti kendisinden yaşlı tüm birimleri örterken, genel olarak üst dokanağında Üst Pliyosen yaşlı gölsel kireçtaşları yer almaktadır [46].

Kızılkaya ignimbiritinde yapılan yaş tayinlerinde Schumacher vd., (1990) 4,3 my yaş elde etmişlerdir [50]. Buna göre birimin yaşı Üst Pliyosen'dir [46].

4.2.12 Koçdağ Volkanitleri

Koç Dağı Pliyosen’de aktivitesine başlamış, Kuvaterner ortalarına kadar çeşitli lav ve piroklastik ürünler çıkarmıştır. Ürünler bazalttan dasite kadar değişen bileşimde ve kalk-alkalen seri içerisinde yer almaktadır. İlk ürünler andezitik türdeki lavlardır. Bundan sonraki aşamada ignimbiritik bir püskürme ile Koç Dağı kalderası oluşmuştur [51]. İnceleme alanında bu ürünlerden sadece İncesu ignimbiriti gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. İncesu İgnimbiriti'nde gözlenen sütunsal ayrışmalara ait görünüm (İncesu batısı, güneye bakış).

4.2.13 Erciyes Volkanitleri

Koç Dağı volkanının kaldera oluşumu ile yıkılmasının ardından volkan üzerinde Erciyes ana konisi ile etrafındaki parazit koni ve akıntıları oluşturacak yeni bir volkanizma faaliyete geçmiş ve günümüzde Erciyes Dağı olarak bilinen yeni stratovolkan kurulmuştur [51]. Erciyes volkanikleri, Kuvaterner yaşlı volkanikler ile temsil edilen bir grubu oluşturmaktadır. Bu grup içerisinde Erciyes Dağı'nı da kapsayan altı farklı volkanik ürün ayırtlanmıştır. Bu volkanikler; andezitik lav akıntıları, hiyalo andezitik domlar, piroklastikler, bazaltik lav akıntıları, dasitik-piroksen andezitik domlar ve cüruf konileridir [52]. Çoğunluk andezit ve dasit ve yer yer de bazalt ve riyodasit bileşimde olan ürünler kalk-alkalen seriye aittir [53]. Erciyes volkaniklerinde Erciyes Dağı'nın zirvesinden en genç $0,11 \pm 0,03$ my yaşı bulunmuştur [53]. Ünlü tarihçi Strabon (yaklaşık M.Ö. 40 yılı) Erciyes Dağı'nın lav, alev ve dumanlar çıkardığını belirtmiştir [54]. Ayrıca bu belgeye ilişkin eski Roma sikkeleri üzerinde olasılıkla Erciyes'i betimleyen bir yanardağ resmi bulunmaktadır [51]. İnceleme alanı içerisinde bu volkanik ürünlerden andezitik lav akıntıları ve bazaltik lav akıntıları gözlenmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Andezitik lav akıntılarına ait genel görünüm (İncesu doğusu, güneye bakış).

4.2.14 Traverten (Qtr)

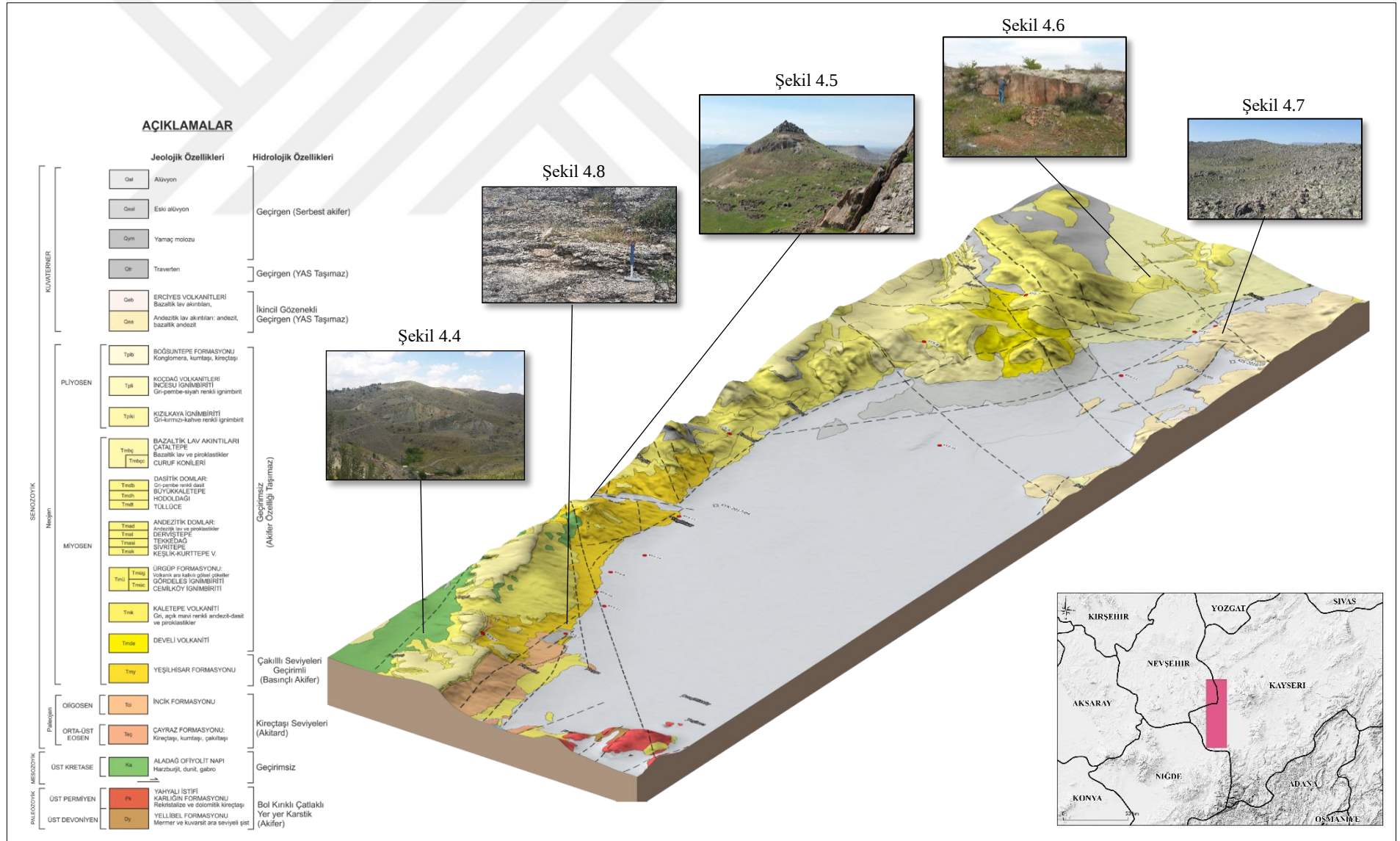
Yeşilhisar İçmecesinin güneyinde yüzeylenmiştir (Ek-A). Bölgeyi etkileyen genç tektonik hareketlerle gelişen sıcak su faaliyetleri ile oluşmuş ve halen devam eden beyaz, bej ve krem renkli karbonat oluşumlarıdır. Genellikle sarı-krem veya kahverengimsi renkli, iri boşluklu, kabuksu/süngerimsi yapılı yer yer damar tipinde çökeller şeklindedir. Birkaç kilometre uzunluğa sahip olan açılma çatlaklarından yüzeye kadar çıkan karbonatlı sıcak sular CO₂ gazının atmosfere geçmesi sonucu yüzeyin morfolojisine, yayılma hızına ve tortul oluşturma yeteneğine bağlı olarak farklı özellikte traverten katmanlarını oluşturmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. İçmece mevkiinde gözlenen travertenlere ait görünüm (İçmece GD'su).

4.2.15 Yamaç Molozu (Qym)

Büyük dağ eteklerinde ve tektonik bölgelerde gözlenen çakıl ve blok boyutundaki tutturulmamış kayaç parçalarından oluşmuş birimlerdir (Ek A).



Şekil 4.9. İnceleme alanının jeoloji haritasının rölyef harita üzerinde gösterimi.

4.3 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanındaki en önemli yapısal unsurlardan biri olan, Ankara'nın güney-güneybatısında uzanan Tuzgölü fay zonu (TFZ) başlıca KB-GD gidişli, basamak türü normal faylardan oluşur ve Tuzgölü-Haymana çöküntü alanını sınırlar. Bu çöküntü alanlarının, asıl olarak Paleosen-Alt Eosen sırasında gelişmiş bir grabendir ve bu grabeni sınırlayan TFZ (Kuvaterner çökelleriyle daha yaşlı birimleri birbirinden ayıran faylar) günümüzde de aktiftir.

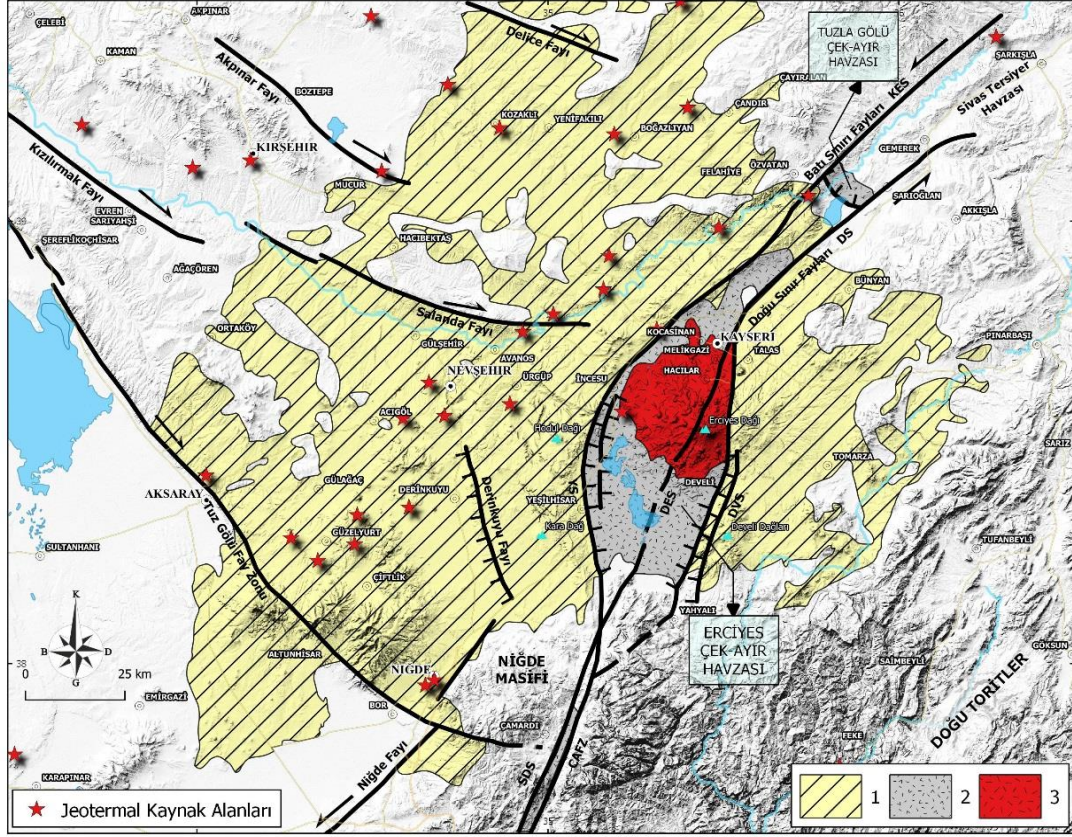
Yine Tuzgölü çöküntü alanının hemen kuzeydoğusunda yer alan diğer bir çöküntü alanı olarak da Salanda bölgesi yer almaktadır. Yörede Hacibektaş ilçesi güneyinde Hırkadağ metamorfitleriyle, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal tortulların dokunağını oluşturan ve Salanda bucağının 2,5 km kuzeyinde KB-GD doğrultusunda uzanan Salanda Fayı günümüzde de aktif olan bir çekim fayı olarak tanımlanmıştır [38].

İnceleme alanındaki diğer önemli bir yapısal unsur olan, Türkiye'de neotektonik dönemin önemli elemanlarından biri olan Ecemiş Fay Zonu (EFZ)'dur. EFZ, inceleme alanı içerisinde KD-GB yönünde devam ederek, Sultan Sazlığı çek-ayır havzasını oluşturan kollara ayrılmaktadır. Kollardan biri (Yeşilhisar Fayı) Yeşilhisar-İncesu ilçelerinden geçerek Sultan Sazlığı Havzası'nın batı kenarını oluştururken, diğer bir kol (Erciyes Fayı) Sultan Sazlığı boyunca devam ederek inceleme alanının doğu dış kısmında yer alan Erciyes Dağı'nın zirvesinden geçer (Ek A, Şekil 4.10).

Bu fay zonun Kızılırmak-Erkilet ve Dökmataş segmentleri Kayseri yakınlarında güneye doğru 45° - 50° ile bükümlendiği ve Erciyes çek-ayır havzasını ve Erciyes volkanik karmaşığını oluşturduğu ve Erciyes çek-ayır havzasının yaklaşık 35 km genişliğinde, 120 km uzunluğunda ve 1.2 km derinliğinde S-şekilli aktif-büyüyen bir çöküntü alanı olarak tanımlanmıştır [35]. Dirik (2001) tarafından da, Kayseri yakınlarında OAFZ'nin, Geç Pliyosen-Kuvaterner'de KD-GB uzanımlı genişlemeli bu yapıları, çek-ayır havzalar olarak tanımlamış ve bu havzaları, Tuzla Gölü ve Sultansazlığı çek-ayır havzaları olarak isimlendirmiştir [38].

İnceleme alanının önemli yapısal unsurlarının jeoloji ile ilişkisine bakıldığında (Şekil 4.10) 1. İle gösterilen alanda Orta Miyosen-Kuvaterner kayaların genel dağılımı, 2. ile gösterilen alanda Sultansazlığı ve Develi kapalı havzalarını kaplayan Plio-

Kuvartener sedimenter dolgu, 3 ile gösterilen alanda ise Erciyes stratovolkanının vakanik dolgusu yer almakta olup inceleme alanının doğu ve batı sınırlarını belirleyen Yeşilhisar ve Develi Fay Zonu yer almaktadır.



Şekil 4.10. Kapadokya volkanik platosunu şekillendiren büyük yapıların ve jeotermal kaynak alanlarının sadeleştirilmiş jeoloji haritası üzerinde gösterimi 35.

4.4 Hidroloji

İnceleme alanı Develi-Yeşilhisar alt havzasında yer almaktadır. Bu havza Kuzeyde Erciyes Dağı, doğuda Tomarza havzası ve Zamantı Irmağı, batıda ise kapalı Derinkuyu (Gölcük) havzası ile sınırlıdır. Havzanın güney kısmında Aladağlar bulunmakta olup havzanın toplam drenaj alanı 3.080 km² dir. Develi ovası, ortadaki göl çöküntüleri ile birlikte 908 km² yüzölçümüne sahiptir. Ovası oluşturan düzlük 1.070 m den 1.150 m kotuna kadar yayılır. Havza kuzeyde Erciyes Dağı (3.917 m), doğuda Develi Dağı (2.074 m), güneyde Toros kuşağı içindeki Aladağ (3.333 m) ile Elmadağ T. (2.235 m) ve batıda Mazıtumba T. (1.608 m) ile birlikte Berçene T. (1.807 m) yükseltileriyle çevrili olup kapalı havza özelliği göstermektedir [47].

Develi-Yeşilhisar alt havzasında yazlar sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı olan tipik kara iklimi hüküm sürmektedir. Gündüz ile gece ve yaz ile kış ayları arasında aşırı sıcaklık farkı bulunan havzada en yüksek sıcaklıklar Temmuz ve Ağustos aylarında 34°C-36°C arasında ve en düşük sıcaklıklar ise Ocak ve Şubat aylarında -15 °C ile -18 °C arasında olmaktadır. Yıllık buharlaşma değerleri ortalama 1660 mm, yıllık yağış ise 334,5 mm'dir.

Havza içi ve çevresinde bulunan yağış istasyonlarına ait yağış değerleri birbirleri ile korele edilmiştir. Bu korelasyon sonucunda Develi istasyonunun diğer bütün istasyonlarla korelasyon katsayısının 0,80 den fazla olduğu görülebilir. Birbirleri ile iyi korelasyon vermeyen istasyonlar genellikle farklı iklim kuşağına sahip istasyonlardır. Ancak Develi-Yeşilhisar kapalı havzası farklı iklim kuşaklarının arasında kaldığı için bu istasyonların tamamı değerlendirmeye alınmıştır. İstasyonlara ait bilgi çizelgesi de verilmiştir (Çizelge 4.1) [47].

Çizelge 4.1. Develi Yeşilhisar alt havzası içinde ve çevresinde bulunan yağış istasyonları.

İstasyon Adı	İstasyon No	Koordinat UTM (ED50)		Kot(m)	Ortalama Yağış (mm)
		X	Y		
Yeni Hayat	15-053	699809	4237784	1074	257,8
Develi	17836	718371	4251378	1180	361,4
Derinkuyu	6037	652144	4248930	1300	322,2
Bakırdağ	6200	744403	4233919	1300	344,73
İncesu	5516	690093	4276571	1075	360,5
Musahacılı	15-037	699946	4230541	1050	294,06
Yahyalı	6377	707480	4221475	1260	463,9
Yeşilhisar	6040	682055	4246774	1150	275,5
Soysallı	15-016	708179	4251108	1100	242,8
Akköy Barajı	15-028	676310	4242945	1250	260,11
Kovalı	15-045	688355	4226561	1188	227,69
Ürgüp	17835	637818	4277349	1060	375,11
Nevşehir	17193	648008	4275681	1260	403,99
Tomarza	17837	744355	4259530	1397	403,75
Niğde	17250	621158	4227131	1208	336,6
Hacılar	5518	713215	4280857	1500	480,07
Avanos	17946	747743	4291114	950	326,14
Ağcaşar	15-050	708751	4228911	1123	285,52

de içeren bu gölsel çökeller kapalı havzanın ortasında olduğu için özellikle kuzeyde yayılım gösteren volkanik birimlerden ve güneydeki Devoniyen ve Permien yaşlı Yelibel ve Karlıgöntepe kireçtaşlarından içe akışla yoğun olarak beslenmektedirler. Gölsel çökellerin ova içerisindeki yayılımı ve kalınlıkları farklılık göstermektedir. Kutluğ (2009)'a göre havzanın batı bölümünde gölsel çökellerin kalınlığı 600 m civarında iken doğu bölümünde 260 m dir. Bunun nedeni göl taban topografyasında görülen değişimdir [47]. Göl taban topografyasının oluşmasında en etkili sistem Ecemiş fayı olmuştur. Doğrultu atımlı sol yönlü fay olan Ecemiş fayı ovanın ortasından geçmekte olup ovanın ortasında oluşan basınç sırtı ile gölsel çökellerini ikiye ayırmıştır. Gölsel çökeller bu nedenle ova ortasında daha sık iken kenarlara doğru daha da kalınlaşmışlardır. Basınç sırtı ve gelişen volkanizmaya da bağlı olarak ova iki farklı bölüme ayrılmıştır. Bunlardan, doğu bölümü Develi-Yahyalı ve batı bölümü Yeşilhisar olarak isimlendirilmiştir. Bu akiferler genellikle serbesttir. Ancak gölsel çökeller içerisinde yer yer kil oranının yüksek olduğu ve yayılım gösterdiği yerlerde yarı basınçlı akifer özelliği de göstermektedir (Şekil 4.11).

Develi Yeşilhisar Alt Havzasının kuzeyinde, doğusunda ve gölsel çökellerin tabanında da yayılım gösteren tüf, aglomera, andezit ve bazaltlar kırık ve çatlaklı olmaları ayrıca Erciyes Dağından içe akışla beslenmeleri nedeni ile akifer özelliği taşımaktadırlar. Özellikle bazaltlarla yer yer ardalanmalı olarak bulunan curuflar çok iyi akifer özelliklidir.

Develi Yeşilhisar havzasının güney batı kesiminde yayılım gösteren Paleozoyik yaşlı kalkışist ve mermerler de karstik akifer özelliği göstermektedirler. Bu birimler içerisinden inceleme alanı içerisine girmeyen kovalı barajını besleyen Dünderli (Q: 862 l/sn.) ve Yahyalı (Q: 1328 l/sn.) kaynakları gibi yüksek debili kaynaklar boşalmaktadır [48].

Havza içerisinde akifer özelliği gösteren birimlerin genel özellikleri (Şekil 4.12) Develi Yeşilhisar Alt Havzası genelleştirilmiş stratigrafik kesitinde verilmiştir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi ova ortasından geçen Ecemiş fayı Develi Yeşilhisar havzasını ikiye bölmüştür. Burada yeraltısu eğrileri, tektonik çizgisellikler ve ovadaki iletkenlik (T) değer değişimleri genellikle aynı çizgisellikte üst üste gelmektedir. Hatta iletkenlik (T) değerleri incelendiğinde sol yönlü atım ve atım

miktarı da belirlenebilir. Bu üç veri içerisinde özellikle yeraltısuyu akım yönü dikkate alınarak, tıpkı havza sınırı çizir gibi yeraltısuyu tepe noktalarından, iletimlilik (T) değerleri de göz önüne alınarak havza ikiye bölünmüştür. Bu bölümlenme de ayrıca Ek-A'deki jeoloji haritasında ofiyolitin de bariyer görevi yaptığı ve yeraltısuyu seviyesi tepe noktalarının havzanın batısındaki ofiyolitle örtüştüğü görülmektedir. Bütün bunlar dikkate alınarak havza Develi-Yahyalı ve Yeşilhisar olarak iki bölüme ayrılmıştır.

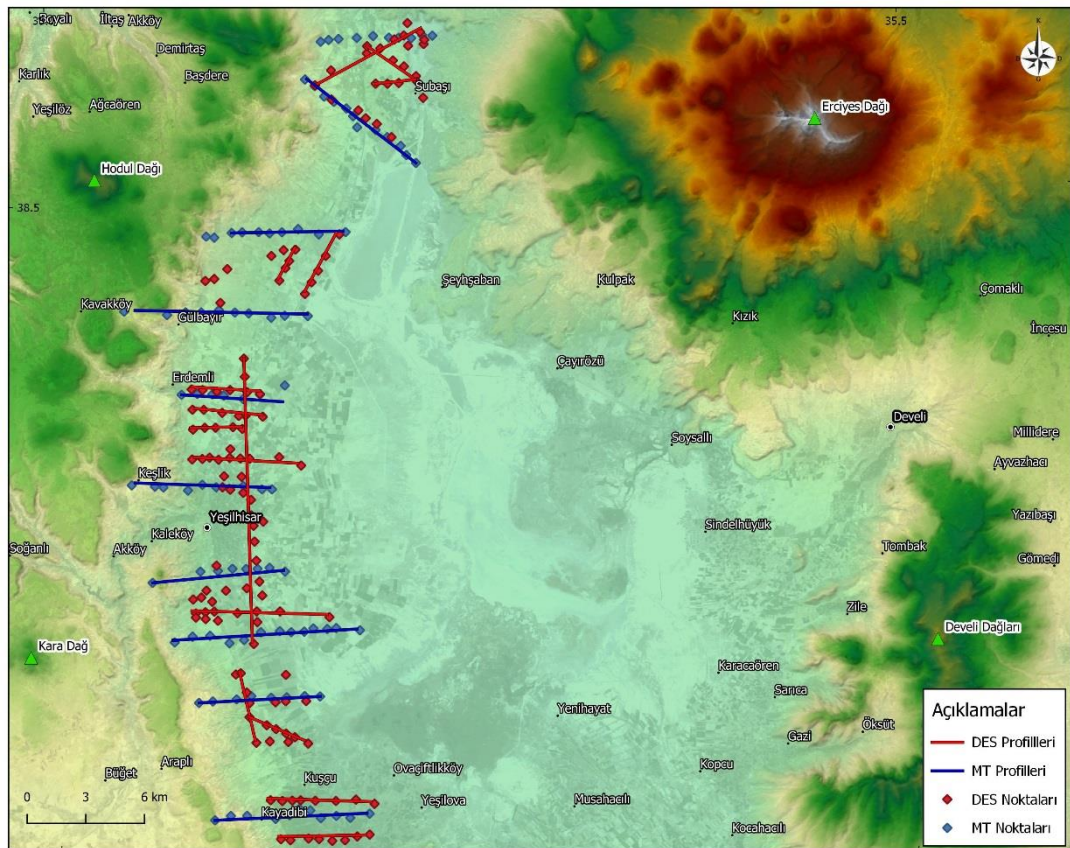
Ovanın Yeşilhisar bölümünde yeraltısı seviyesi 2010 yılı Temmuz ayı verilerine göre 25,29 m ile 57,30 m arasında değişmektedir. Yeşilhisar bölümünün drenajında ise 71,09 m dir. Ovanın Develi-Yahyalı kesiminde ise aynı dönemde yeraltısı seviyesi 1,30 m ile 45,5 m arasında değişmektedir. Yeraltısuyu akım yönü ovanın Develi-Yahyalı ve Yeşilhisar bölümünde, ova ortasına doğru olup ve ovanın boşalım kotu 1070 m dir.

İnceleme alanında jeotermal sistemde, Eosen, Oligosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökellerin içerisinde yer alan sedimanter ve volkanosedimanter birimlerin örtü kayacı, stratigrafik seride altta yer alan Paleozoyik yaşlı Yellibel ve Karlıgıntepe formasyonlarına ait rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mermerlerin kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu seviyelerinin ise rezervuarı oluşturabileceği öngörülmüştür.

Jeolojik Zaman Birimleri				Kalınlık (m)	STRATİGRAFİ	LİTOLOJİ	FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	FORMASYONLARIN HİDROLOJİK, KİMYASAL VE DİĞER ÖZELLİKLERİ
Zaman	Devir	Alt Devir	Epok					
SENOZOYİK	KUVATERNER			10-400		Alüvyon-Gölsel Çökel	Kil, kum ve çakıldan oluşmaktadır.	Geçirgen olup, transmissibilitesi çakıl ve kil yoğunluğuna bağlı olarak farklılık göstermektedir.
				10		Yamaç Molozu	Kil, kum ve çakıldan oluşmaktadır. Taneler genellikle volkanik kökenlidir.	Geçirgen olup, transmissibilitesi çakıl ve kil yoğunluğuna bağlı olarak farklılık göstermektedir.
						Traverten	Beyazımsı bej ve gri renkli, masif.	Yeraltısuyu taşımıyor.
				30-130		Tuf-Aglomera	Gri, bej ve pembe renkli olup kil, kum ve çakıl boyundaki volkanik kayış tanelerinden	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
				30-200		Andezit	Gri, bej ve koyu gri renkli olup masif yapıdır.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
	TERSİYER	NEOJEN				Bazalt	Siyah, kırmızı kahverenkli, yoğun gaz boşluğu masif yapıdır.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
						Tuf-Aglomera	Gri, siyah, pembe yer yer kırmızı renkli, masif ve sert yapıdır.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
						Volkanik Karışık	Gri, siyah, pembe yer yer kırmızı renkli, masif ve sert yapıdır. Tuf, aglomera, andezit ve bazalttan oluşmaktadır.	Yeraltısuyu taşımaz.
						Andezit	Siyah, kahverenkli masif yapı yer yer gaz boşlukları.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
						Bazalt	Gri, siyah renkli masif yapıdır.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
				15		Kireçtaşı	Sarımsı bej renkli, genellikle masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Kumtaşı-Kilitaşı Çakilitaşı	Sarımsı kahverenkli ve gevşek yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
						Tuf-Aglomera	Gri, beyaz ve bej renklidir. Bazı seviyeleri masif yapıdır.	Kırık ve çatlaklı olmasına bağlı olarak iyi geçirimli veya geçirimsiz özellik göstermektedirler.
						Andezit	Gri, beyaz ve bej renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Bazalt	Gri, siyah renkli masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Dasit	Yeşil, beyaz renkli masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Tuf-Aglomera	Beyaz, sarı, kırmızı renkli masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
				10-250		Kumtaşı-Kilitaşı Çakilitaşı	Gri, kırmızı ve yeşil renkli yer yer masif yapıdır.	Çakillı seviyeleri gözenekli olup yeraltısuyu taşıyıcıdır.
				5-15		Kireçtaşı	Gri, sarı renkli masif yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
						Kumtaşı-Kireçtaşı	Yeşil, kahverengi ve sarı renkli, gevşek yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
						Kumtaşı-Kilitaşı Çakilitaşı	Kırmızı, kahverengi, gri renkli, gevşek yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
				10-20		Andezit	Gri, pembe renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Dasit	Gri, bej renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Gabro	Gri, siyah renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Granit	Gri, bej renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Ofiyolit	Kırmızı, siyah, yeşil renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
	MESOZOYİK	KRETASE				Kireçtaşı	Gri renkli, masif yapıdır.	Bol kırık ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklardan itibaren karstlaşmıştır. Karstik akifer özelliği göstermektedir. İçinden kaynak boşalmaları olmaktadır.
						Kumtaşı-Kireçtaşı	Gri, sarı, yeşil renkli masif yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
	PALEOZOYİK	TRİYAS	Alt Triyas	50-250		Kireçtaşı	Gri, bej renkli masif yapıdır.	Bol kırık ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklardan itibaren karstlaşmıştır. Karstik akifer özelliği göstermektedir. İçinden kaynak boşalmaları olmaktadır.
						Kumtaşı-Kilitaşı Çakilitaşı	Gri, kahverenkli, masif yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
						Şist-Kalkışist	Gri, yeşil renkli, masif yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
		PERMİYEN				Kumtaşı-Kilitaşı Çakilitaşı	Gri, bej, kahverenkli masif yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
						Kuvarsit	Krem, bej renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Şist	Kahverenkli, gevşek yapıdır.	Havza için önemli bir akifer değildir.
		KARBONİFER				Kuvarsit	Krem, be, bordo renkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Şist-Kalkışist	Gri, yeşilimsi gri renkli, masif yapıdır.	Bol kırık ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklardan itibaren karstlaşmıştır. Karstik akifer özelliği göstermektedir. İçinden kaynak boşalmaları olmaktadır.
						Mermer	Beyaz, açık gri, gri renkli, masif yapıdır.	Bol kırık ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklardan itibaren karstlaşmıştır. Karstik akifer özelliği göstermektedir.
		DEVONİYEN				Gnays-Şist	Yeşil, kahverenkli, masif yapıdır.	Yeraltısuyu taşımaz
						Gnays-Şist		

Şekil 4.12. Develi Yeşilhisar alt havzası formasyonlarının fiziksel ve hidrojeolojik özellikleri.

İnceleme alanı içerisinde kalan ve termal aktivite olabileceği önceden değerlendirilen Erciyes Sultansazlığı havzasının batı sınırını oluşturan, öncelikli olarak Yeşilhisar Fayını ve onu kesen DB tali fayları hedefleyen jeofizik çalışmalarında 135 değişik lokasyonda rezistivite-düşey elektrik sondaj (DES) ve 99 noktada MT ölçüsü alınmıştır. Sahadaki muhtemel ana tektonik yapıları kesecek şekilde genel olarak D-B yönünde profiller oluşturularak MT ve DES ölçüleri alınmıştır [55] (Şekil 4.13).

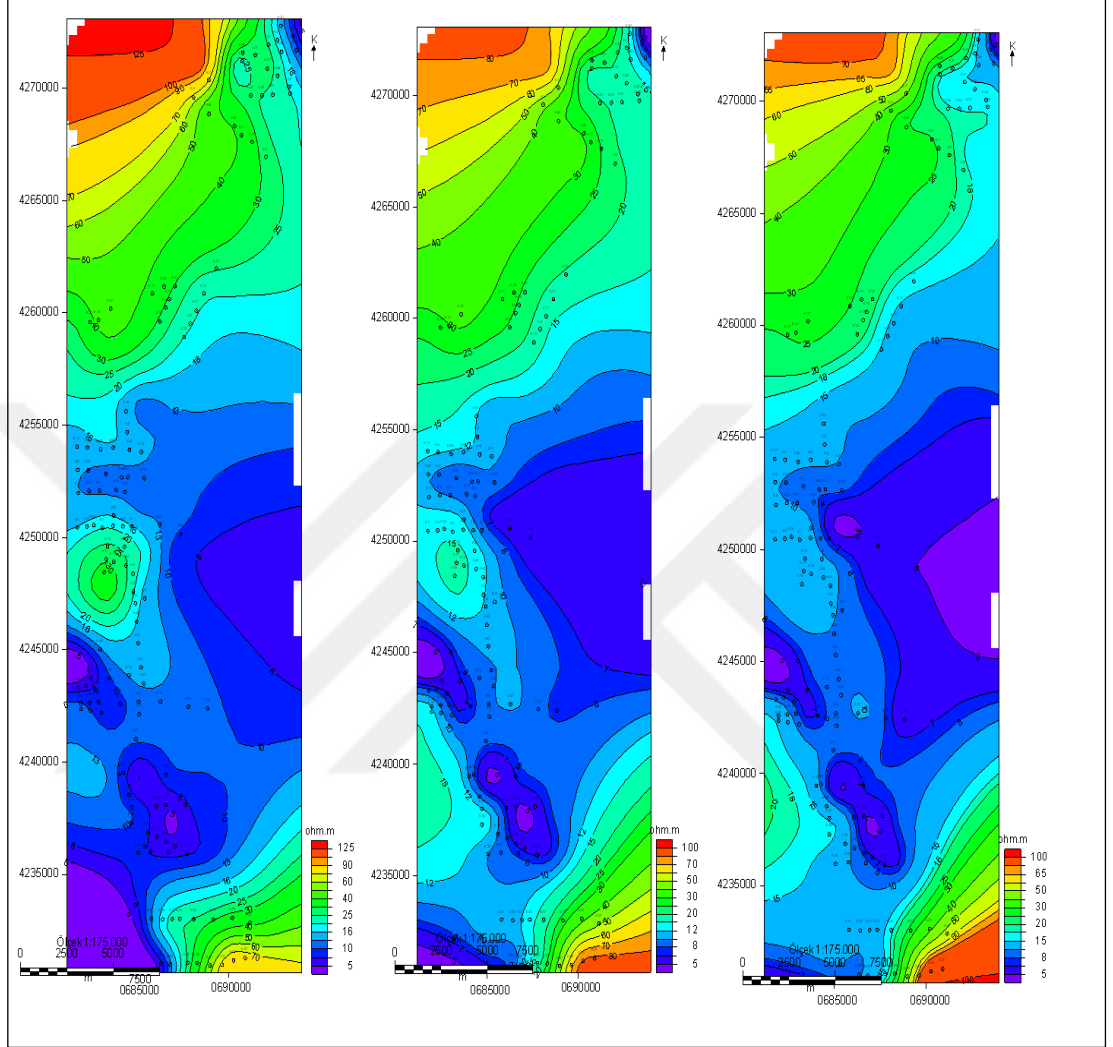


Şekil 4.13. İnceleme alanı ve çevresindeki DES ve MT ölçüm noktaları.

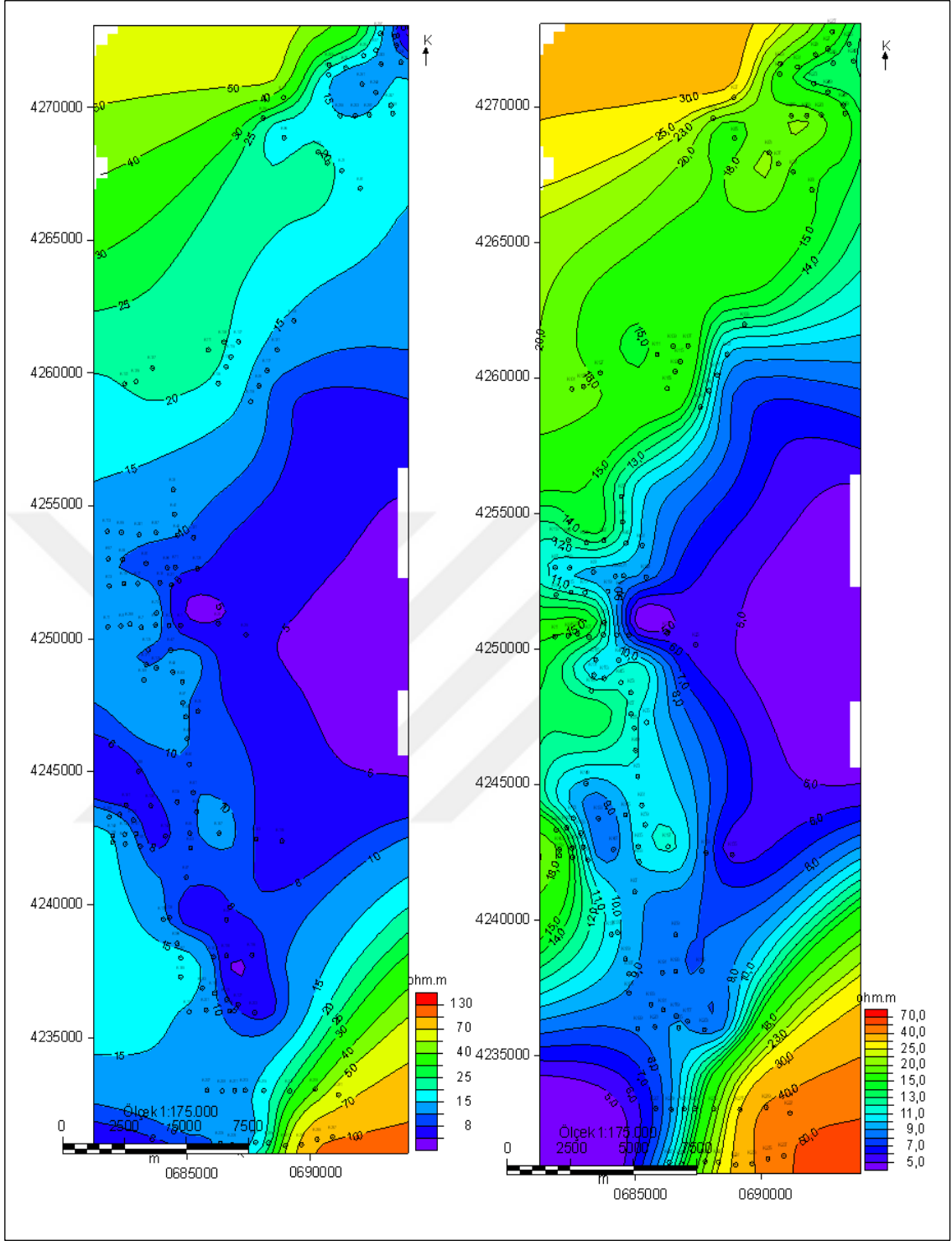
İnceleme alanı görünür eş rezistivite seviye haritaları, ölçülen görünür rezistivite değerlerinden hazırlanmıştır. Bu hazırlanan haritalar yatay yöndeki rezistivite dağılımını göstermektedir. Dolayısı ile sahada yanal olarak ne tür fiziksel özelliklere sahip formasyonların bulunduğu izlenebilmektedir. Rezistivite değerlerinin düşmesi ve iletkenliğinin artması, sıcaklığın bir gösterge parametresidir.

Araştırmalar esnasında yapılan rezistivite düşey elektrik sondaj (DES) çalışmalarında kuramsal derinlik ($AB/2$) genellikle arazideki koşullarının izin verdiği ve gerektiği

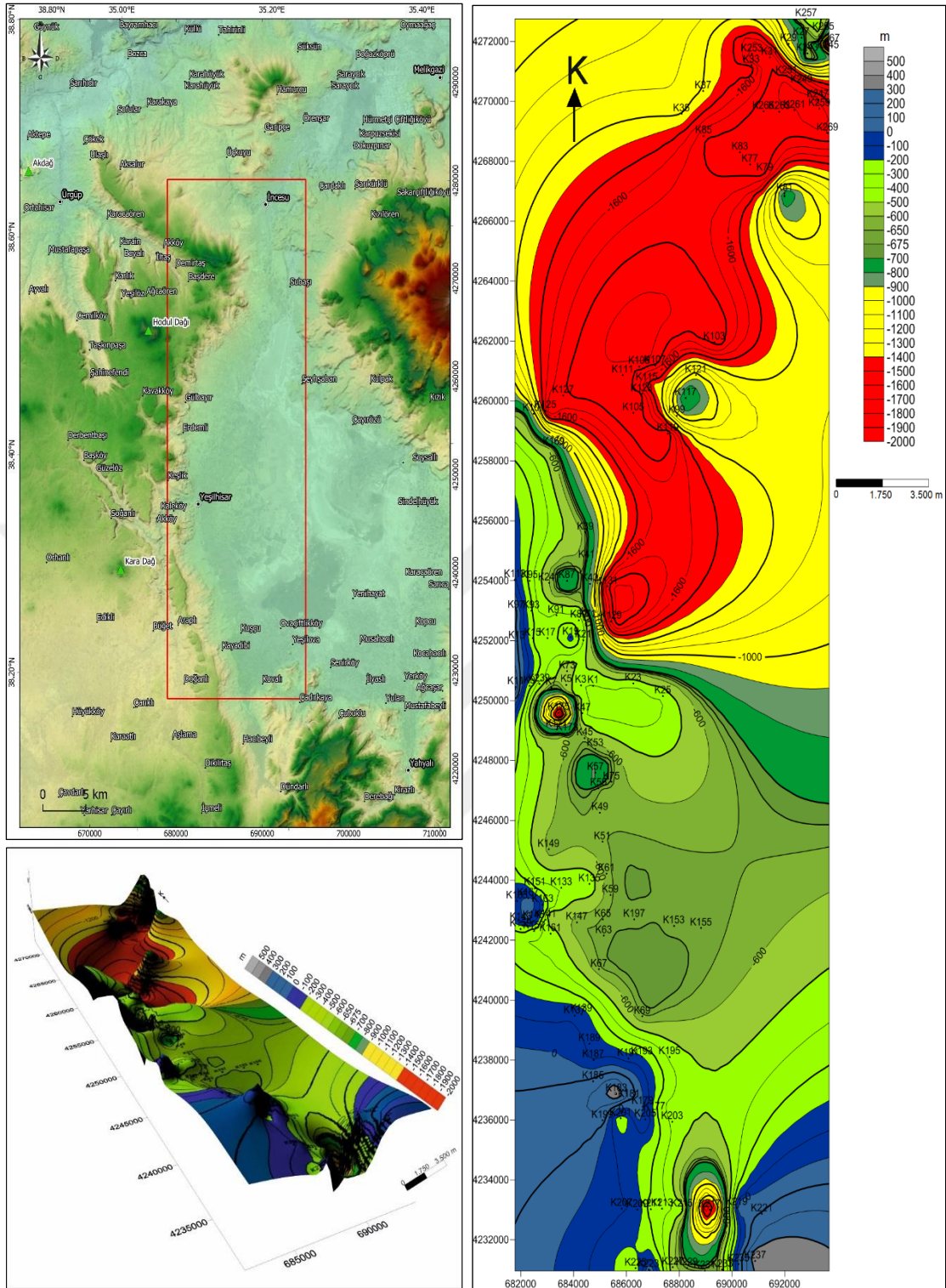
oranda uygulanır. Bu sahada da genel olarak 1.000-2.500 m'ye kadar derinlikler kuramsal olarak araştırılmıştır. Özdirenç modelleri oluşturulmuş (Şekil 4.14 ve 4.15) ve taban topoğrafyası detaylı olarak ortaya konmuştur (Şekil 4.16) [55].



Şekil 4.14. Seviye Haritaları (800 m, 1250m, 1500 m).



Şekil 4.15. Seviye Haritaları (1750 m. 2000 m).



Şekil 4.16. Taban topoğrafyasının 2B ve 3B gösterimleri.

En yüksek özdirenç değerleri sahanın kuzey tarafında bulunan İncesu ilçesi çevresinde yer almaktadır. Özdirenç değerleri 100-500 ohm.m'dir. Sahanın orta kesiminde, Yeşilhisar ilçesinin kuzey ve güneyinde 100-150 ohm.m'lik özdirenç değerlerini kapsayan bir alan mevcuttur. Sahanın en düşük özdirençli alanları doğu ve güney

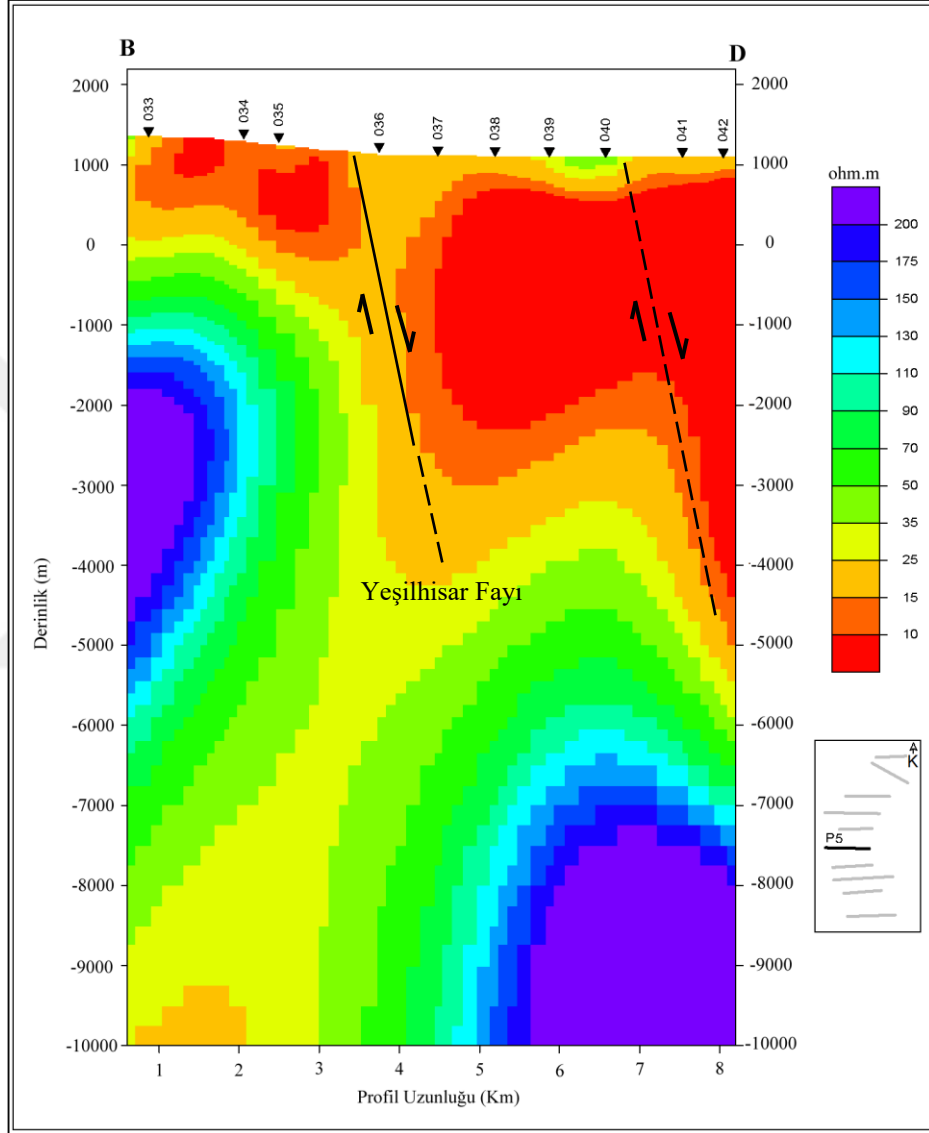
kısımında yer almaktadır. 100 m görünür eş rezistivite seviye haritasında gözlenen bu düşük öz dirençli alanlar $AB/2 = 2.000$ m'ye kadar oluşturulan görünür eş rezistivite seviye haritalarında büyük ölçüde tespit edilmiştir. $AB/2 = 500, 800$ ve 1.000 m görünür eş rezistivite seviye haritalarında bu en düşük öz dirençli alan hemen hemen aynıdır.

Yeşilhisar İçmecesı civarında bu en düşük öz dirençli alan $AB/2 = 800$ m'den başlayarak $AB/2 = 1.750$ m'ye kadar iki parçalı olarak izlenmektedir. $AB/2 = 2.000$ m'de küçölerek tek parça halini almakta (Şekil 4.15) ve bunula birlikte taban topografyasının yapısı ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4.16).

$AB/2 = 500$ m görünür eş rezistivite seviye haritasından itibaren $AB/2 = 2.000$ m görünür eş rezistivite seviye haritasına kadar tüm seviye haritalarında gözlendiğı gibi inceleme alanının güneydoğusu, 30 ohm.m'den 100 ohm.m'ye kadar değışen öz direnç değerlerine sahiptir. Görünür eş rezistivite seviye haritalarında gözlendiğı gibi nokta dağılımı gelişigüzel ve serpme şeklinde olduğundan kontur çizgi sıklıklarının tamamı süreksizlik olarak yorumlanmayabilir. İnceleme alanında, İçmeler civarında kısmi süreksizliklerin olduğu düşünölmektedir.

MT ve AMT jeofizik etütleri sonucu elde edilen bilgiler 10 profilde 2 boyutlu model üretilerek değeriendirmiştir. Bu profiller, (Şekil 4.17) sahanın jeotermal potansiyelinin belirlenmesi adına, sahanın derin yapısının ortaya konması, ısıtıcı kayacın geometrisinin ve temel topografyasının yaklaşık olarak belirlenmesi, profiller üzerindeki formasyon sınırları ve fayları tespit etmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında sahada alınan profillerden jeotermal açıdan önemli olanlar hakkında bilgi verilmiştir.

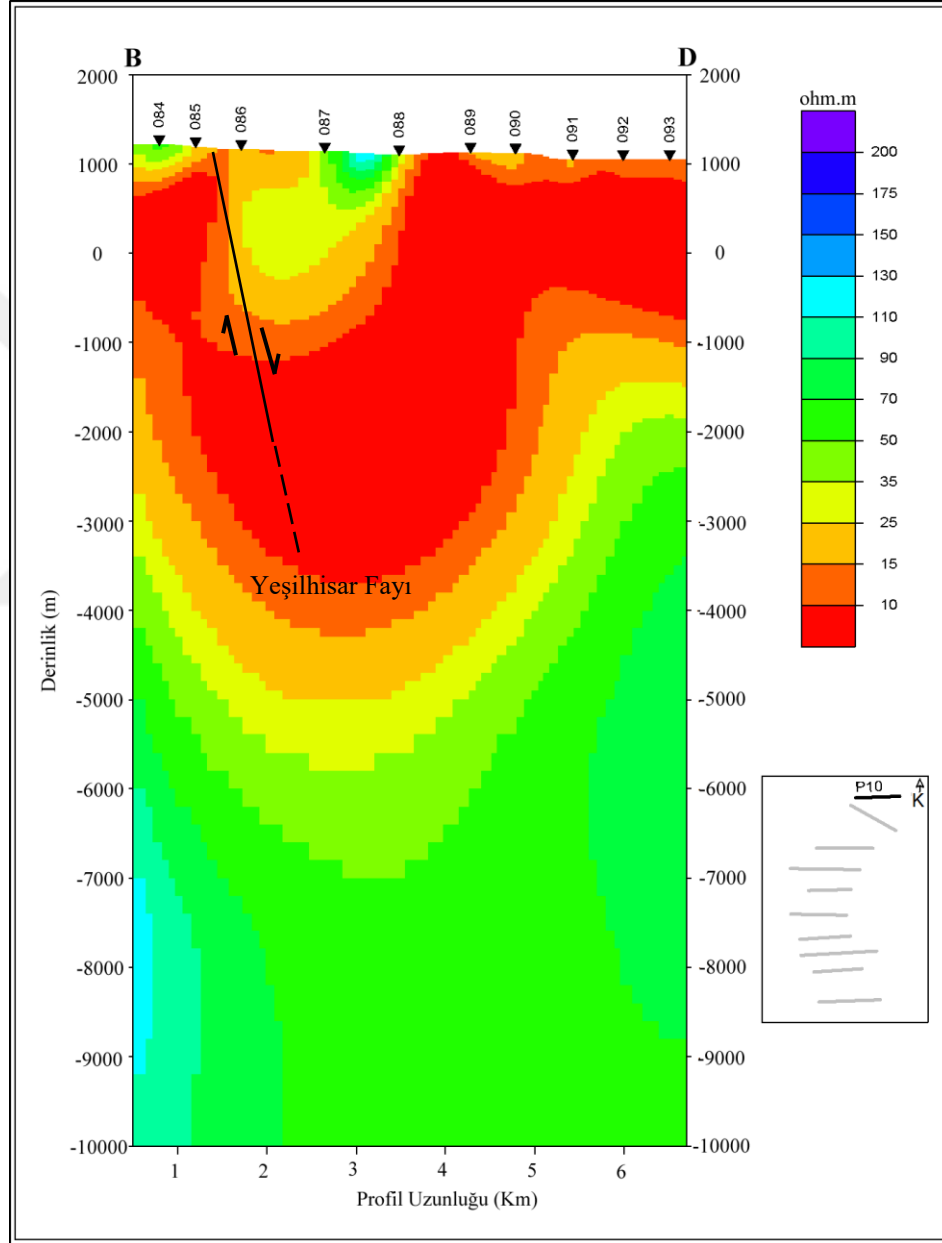
Profilde çökel birimlere ait düşük öz dirençli etkilerin haricinde, yüzey öz direnç değerlerinin 036 no'lu MT istasyonunun atında bulunan derin etki ile düşüş sergilediği düşünülmektedir. Bundan dolayı 035-036 no' lu MT istasyonlarının arasında kalan bölge, jeotermal enerji amaçlı sondaj yapılabilecek bir bölge olarak değerlendirilmiştir [55].



Şekil 4.18. P5 MT profilinin iki boyutlu öz direnç kesiti.

P10 nolu bu profilde, (Şekil 4.19) birbirine paralel ve yaklaşık dik doğrultulu olarak gelişen birkaç farklı tektonik sistemin ve bu sistemlerin taşıyabileceği ısı etkinin belirlenmesine yönelik oluşturulmuştur. Sahanın en güneyinden itibaren tüm profillerde gözlenen ve sahanın doğu kısmını derinleştiren tektonik sistem bu profilde de gözlenmiştir. 085-086 no.lu MT istasyonları arasında gözlenen bu tektonik hattın

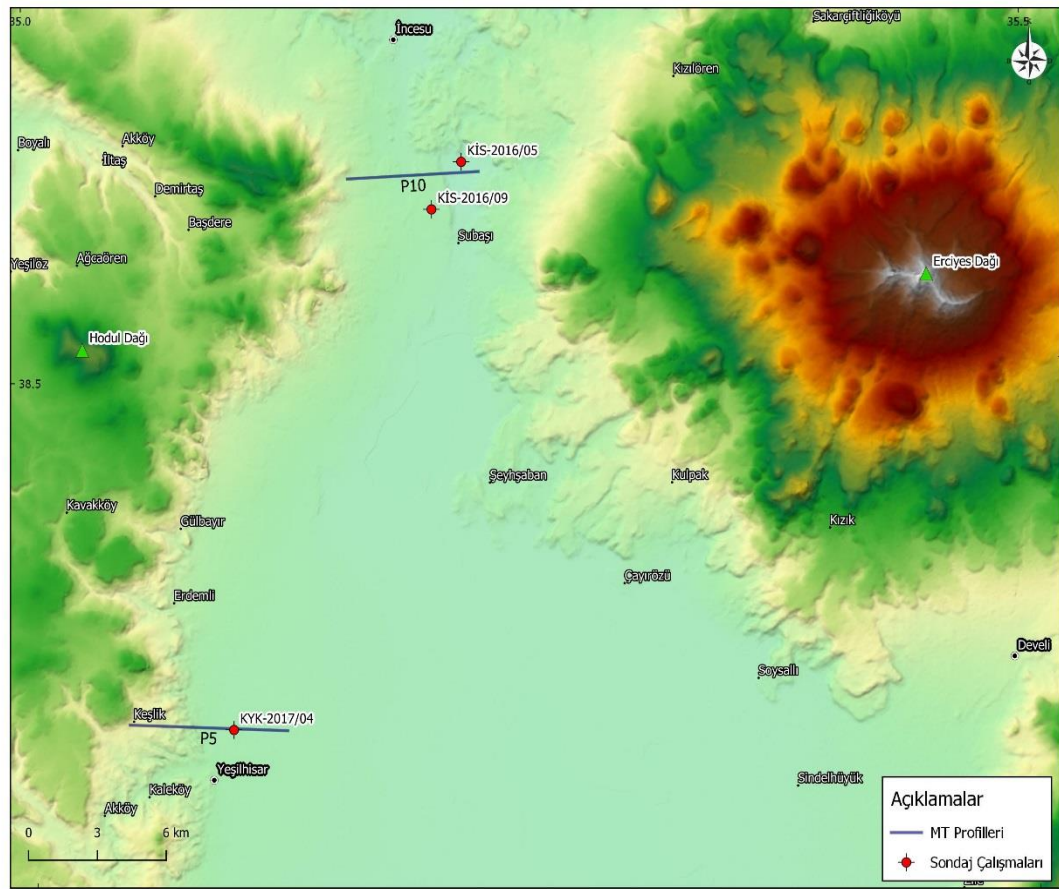
karşısında gözlenen ve muhtemel KB-GD uzanımlı olup sahanın güneye doğru derinleşmesini sağlayan ikinci bir tektonik hat daha belirlenmiştir. Bu iki sisteme bağlı olarak profilde küçük bir graben yapısı gözlenmektedir. Fakat burada görülen bir graben yapıdan ziyade, birbiri ile zıt yönlü derinleşme oluşturan iki tektonik sistemin aynı profilde kesilmesinden dolayı gözlenen bir etkidir. Bu profil üzerinde de herhangi bir termal aktivite saptanmamıştır [55].



Şekil 4.19. P10 MT profili iki boyutlu öz direnç kesiti

4.7 Sondaj Çalışmaları

Kayseri İli Erciyes havzasında MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2016 ve 2017 yılları içerisinde jeotermal enerji arama faaliyetleri kapsamında üç adet sondaj çalışması yapılmıştır. Bu sondajlardan KİS-2016/6 Jeotermal Araştırma Sondajında 1602 m derinlikten artezyenle 27 L/s.ve debi 52,2 °C sıcaklık ve kompresörle 35 L/s. debi, KİS-2016/9 Jeotermal Araştırma Sondajında (JAS) kuyu tabanı 2753 m olup artezyen ile 18 L/s, kompresörle 20 L/s. debi, ve 45,2 °C sıcak su üretimi sağlanmıştır. KYK-2017/4 Jeotermal Araştırma Sondajında 2750 m derinlikte ise kuyu tabanında 97,6°C sıcaklık ölçülmüş ancak herhangi bir jeotermal akışkana rastlanmamıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Yapılan sondaj çalışmaları ve yer aldığı MT profilleri

4.7.1 Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajı

Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondaj kuyusu, 1.602 m derinliktedir. Sondajda ilerlemeye 24.08.2016 tarihinde başlanmış ve 17.10.2016 tarihinde tamamlanmıştır. Sondajda; 00,00-5,00 m'ler toprak örtü ve alüvyon birimi, 10,00-75,00 m'lerde Pliyosen yaşlı Erciyes Volkanitlerine ait bazalt, 75,00-205,00

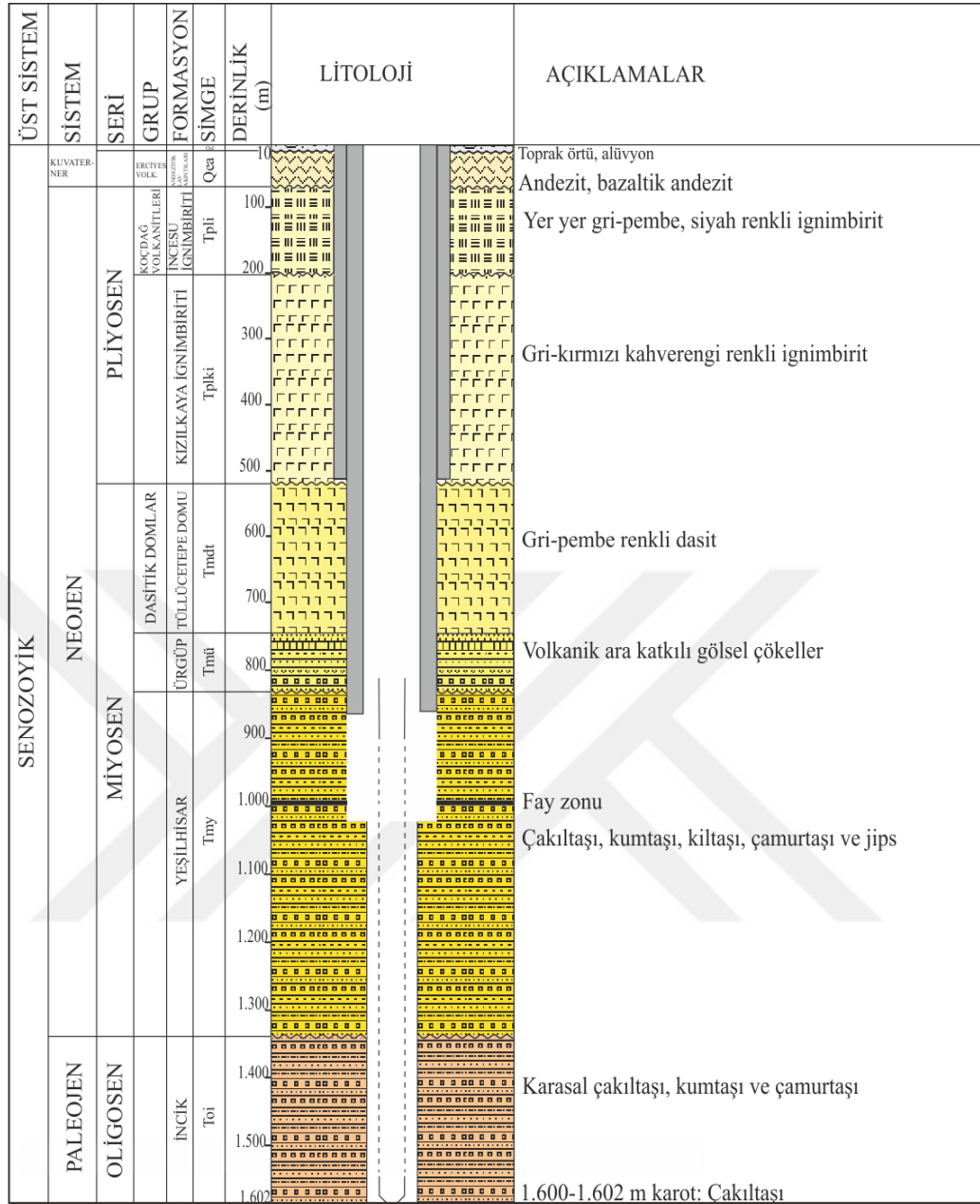
m'lerde ise Üst Pliyosen yaşlı İncesu İgnimbiriti, 205-520 m'ler arası Alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya ignimbiriti, 520,00-760,00 m'lerde Üst Miyosen yaşlı Tüllüce tepesi, 760,00-845,00 m'lerde Orta-Üst Miyosen yaşlı ise Ürgüp formasyonu, 845,00-1.355 m'lerde Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar Formasyonuna ait çakıltası ve kumtaşı seviyeleri, 1.355-1.602 m'lerde Oligosen yaşlı İncik formasyonuna ait çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri kesilmiştir. Sondaj 1.600-1.602 m'lerde karot alınarak tamamlanmıştır (Şekil 4.21)

Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/6 JAS kuyusunda ilerleme, 515 m'ye kadar 17^{1/2}" çaplı matkapla, 515,00-1.023,80 m'lerde 12^{1/4}" çaplı matkapla, 1.023-1600 m'lerde ise 8^{1/2}" çaplı matkapla gerçekleştirilmiştir. Üst seviyelerden düşük sıcaklıklı akışkan karışmasını önlemek ve kuyu emniyetini sağlamak amacıyla 0,00-509,00 m'ye 8^{1/2}", 0,00-856,50 m'ye kadar ise 9^{5/8}" çaplı kapalı muhafaza boruları inilmiş ve boru arkaları çimentolanmıştır. 1.602 m'de bitirilen JAS kuyusunda 835,30 m'den itibaren 6^{5/8}" çaplı kapalı ve filtreli borular liner olarak inilerek kuyu teçhiz edilmiştir. KİS-2016/6 JAS kuyusunda; kuyu taban derinliği 1.023,80 m ve ilerleme bitiminde olmak üzere kuyu içi jeofizik loglarından termik ve rezistivite log ölçüleri alınmıştır. Kuyu tabanında 79,13 °C sıcaklık ölçülmüştür [56].

Sonuç olarak artezyen ile 27 L/s. debi, 52,2 °C sıcaklık ve kompresörle 35 L/s. debide sıcak su üretimi sağlanmıştır.

4.7.2 Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı

Kayseri- İncesu-Subaşı KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondaj kuyusu, 2.753,00 m derinliktedir. Sondajda ilerlemeye 09.12.2016 tarihinde başlanmış ve 13.04.2017 tarihinde tamamlanmıştır. Sondajda; 00,00-30,00 m'lerde Pliyosen yaşlı Erciyes volkanitlerine ait andezit, 30,00-210,00 m'lerde ise Üst Pliyosen yaşlı İncesu ignimbiriti, 210-270 m'lerde Alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya ignimbiriti, 270,00-560,00 m'ler arası Üst Miyosen yaşlı Çataltepe bazaltik lav akıntıları, 560,00-920,00 m'lerde Üst Miyosen yaşlı Tüllüce tepesi, 920,00-1.035,00 m'lerde Üst Miyosen yaşlı Tekkeadağ volkanitleri, 1.035-1.345 m'lerde ise Ürgüp formasyonu, 1.345-2.753 m'ler arası Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonuna ait kömür ara seviyeli kıltaşı ve kumtaşı seviyeleri kesilmiştir. Sondaj 2.750-2.753 m'ler arası karot alınarak tamamlanmıştır.

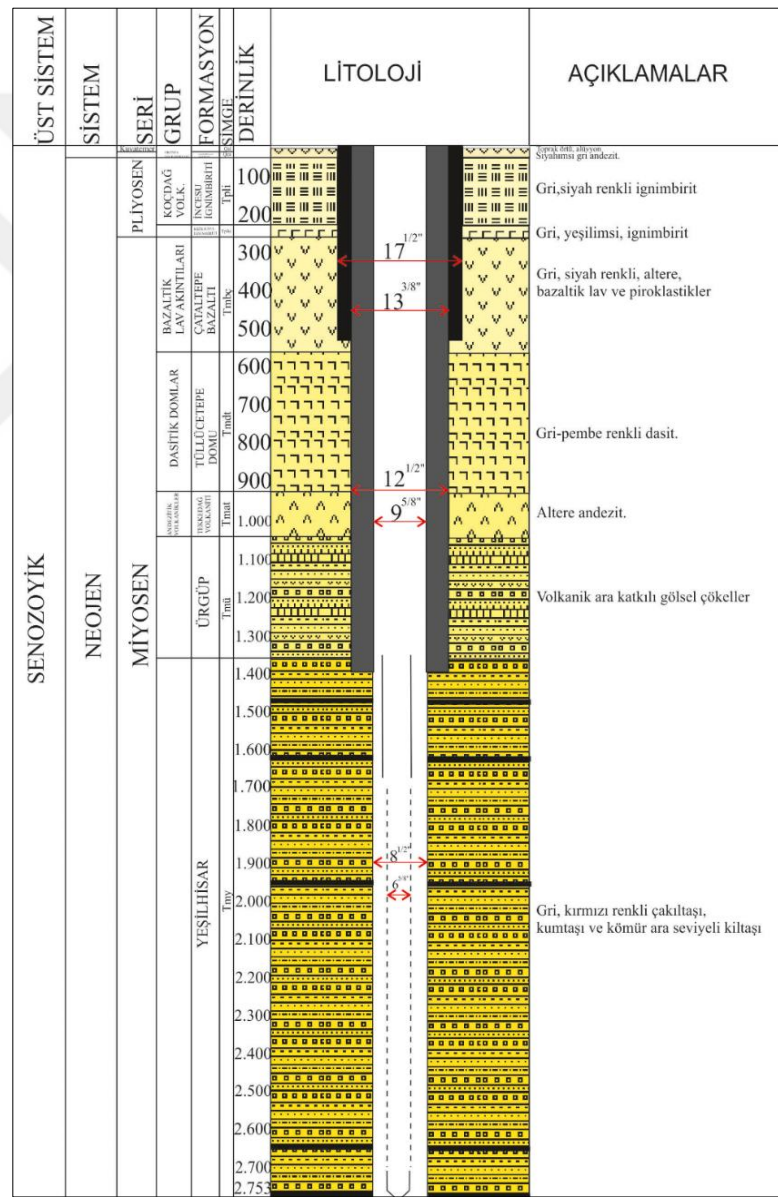


Şekil 4.21. KİS-2016/6 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı [56].

Kayseri-İncesu-Subaşı KİS-2016/9 JAS kuyusunda ilerleme, 519,40 m'ye kadar 17^{1/2"} çaplı matkapla, 519,40-1.400,00 m'lerde 12^{1/4"} çaplı matkapla, 1.400,00-2.750,00 m'lerde ise 8^{1/2"} çaplı matkapla gerçekleştirilmiştir. Üst seviyelerden düşük sıcaklıklı akışkan karışmasını önlemek ve kuyu emniyetini sağlamak amacıyla 0,00-511,15 m'ye 13^{3/8"}, 0,00-1.393,50 m'ye kadar ise 9^{5/8"} çaplı kapalı muhafaza boruları indirilmiş ve boru arkaları çimentolanmıştır. 2.753,00 m'de bitirilen JAS kuyusunda 1.378,06 m'den itibaren 6^{5/8"} çaplı kapalı ve filtreli borular liner olarak inilerek kuyu

teçhiz edilmiştir (Şekil 4.22). Daha sonra alınan kuyu içi statik ölçülerde, kuyu tabanı sıcaklığı en yüksek olarak 2736 m’de 116,12 °C olarak ölçülmüştür.

Delme ve teçhiz işleminin ardından kuyu, kompresör ve booster (basınç arttırıcı) ile üretime açılmıştır. Daha sonra kuyu testleri ve bir kez asitleme işlemi yapılmıştır. Kuyuda üretim olmamasından dolayı 1.075-1.110 m’ler arasına 35 m’lik bir zonda perforasyon uygulanmış, akabinde kuyu üretime alınmış ve sonrasında bir kez daha asitleme yapılmıştır. Sonuç olarak artezyen ile 18 L/s, kompresörle 20 L/s. debide, 45,2 °C sıcak su üretilmiştir [57].

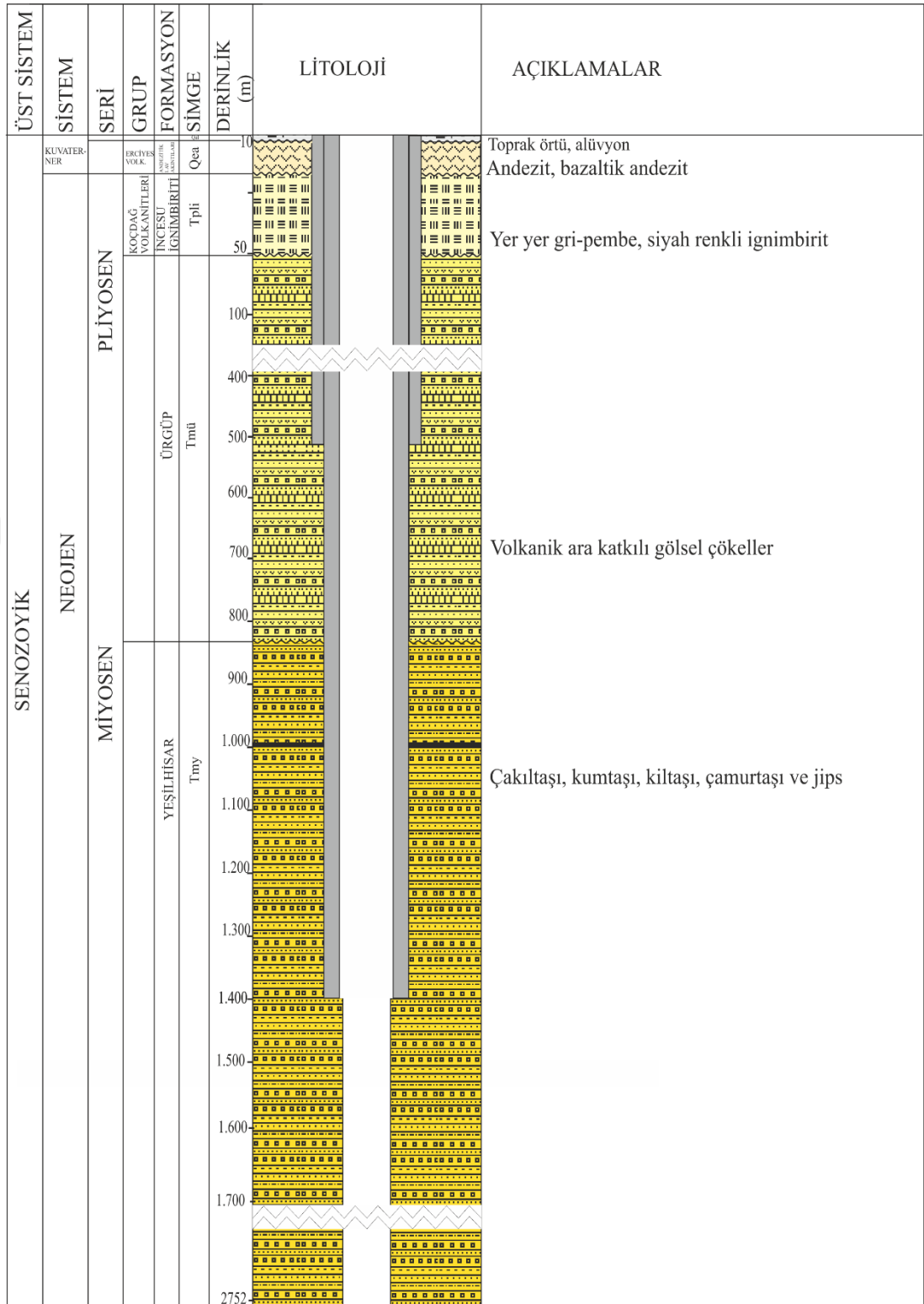


Şekil 4.22. KİS-2016/9 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı [57].

4.7.3 Kayseri-Yeşilhisar-Karacabey KYK-2017/4 jeotermal araştırma sondajı

Kayseri- Yeşilhisar-Karacabey KYK-2017/4 JAS kuyusu, 2.752 m derinliktedir. Sondajda ilerlemeye 30.06.2017 tarihinde başlanmış 10.10.2017 tarihinde ilerleme tamamlanmıştır. Sondajda; 00,00-30,00 m’lerde Alüvyon örtü Pliyosen ve yaşlı Erciyes volkanitlerine ait andezit ve Üst Pliyosen yaşlı İncesu ignimbiriti, 30,00-825,00 m’ler de ise Ürgüp formasyonu, 825,00-2.752,00 m’ler arası Alt-Orta Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonuna ait kömür ara seviyeli kıltaşı ve kumtaşı seviyeleri kesilmiştir (Şekil 4.23).

Kayseri-Yeşilhisar-Karacabey KYK-2017/4 JAS kuyusu ilerleme, 519,40 m’ye kadar 17^{1/2}" çaplı matkapla, 519,40-1.400,00 m’ler arası 12^{1/4}" çaplı matkapla, 1.400-2.750 m’ler arası ise 8^{1/2}" çaplı matkapla gerçekleştirilmiştir. Üst seviyelerden düşük sıcaklıklı akışkan karışmasını önlemek ve kuyu emniyetini sağlamak amacıyla 0,00-524,92 m’ye 13^{3/8}" , 0,00-1.393,30 m’ye kadar ise 9^{5/8}" çaplı kapalı muhafaza boruları indirilmiş ve boru arkaları çimentolanmıştır. 2.750 m’de bitirilen jeotermal araştırma sondaj kuyusunda 1.378,06 m’den sonra kuyu boş bırakılmış liner inilmemiştir. Bu sondajda da örtü birimler geçilememiş ve herhangi bir üretim elde edilememiştir. Kuyu tabanında 97.6 °C sıcaklık ölçülmüştür [58].



Şekil 4.23. KYK-2017/04 sıcak su sondajı kuyu bitirme logu ve donanımı [58].

4.8 Hidrojeokimya Çalışmaları

İnceleme alanı içinde MTA Genel Müdürlüğü sondaj çalışmalarından önce jeotermal enerji arama amaçlı açılmış herhangi bir sıcak su kuyusu bulunmamaktadır. Ancak sahanın batısında, özel sektöre ait jeotermal kaynak arama ruhsat sahasında, Yeşilhisar İçmeler Mevkiinde, içmece olarak kullanılan sıcaklığı 19,2°C ve debisi yaklaşık 1 L/s olan bir kaynak ile yakın civarında, sıcaklıkları 12,7-22,7 °C arasında değişen 8 kaynakta ve sıcaklıkları 15-22,3°C arasında değişen 9 adet kuyuda olmak üzere toplam 17 kaynak/kuyu başında ölçümler (sıcaklık, EC) yapılmıştır (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Bu noktalardan alınan örneklerinden yapılan analiz sonuçları için herhangi bir doğruluk ve kesinlik deneyleri yapılmamış olmakla beraber analiz edilen sulara ait yük-denge oranlarının %5'den az oluşu nedeniyle (Çizelge 4.6) sonuçlar güvenilir olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.2. Ölçüm gerçekleştirilen kaynaklar, lokasyon bilgileri, kaynak başı sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) değerleri (Mayıs 2015).

Çeşme Adı (Numune No.)	Pafta	Y(sağa)	X(yukarı)	ÖEİ (µmho/cm)	T(°C)
Kurbağa Pınarı (KYS-1)	L34-d2	0695455	4230323	1.046	19,2
İçmece Kaynağı (KYS-2)	L34-d1	0685160	4235779	8.830	16,4
Selik Çeşme (KYS-3)	L34-d1	0683067	4232715	446	16,5
Keşlik Kaynağı (KYS-4)	L34-a4	0677493	4249030	344	20,7
Erdemli Kaynağı (KYS-5)	L34-a1	0680609	4254007	843	18,8
Soysallı Kaynağı (KYS-6)	L34-b1	0706664	4251887	118	12,7
Başpınar Çeşme (KYS-7)	K34-d4	0684415	4270065	506	15,4
Gökçekuyu Çeşme (KYS-8)	K34-d4	0683053	4264635	465	18,1

Çizelge 4.3. Ölçüm gerçekleştirilen kuyular, lokasyon bilgileri, kaynak başı sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) değerleri (Mayıs 2015).

Kuyu Adı (Numune No.)	Pafta	Y (sağa)	X (yukarı)	Derinlik (m)	ÖEİ (µmho/cm)	T (°C)
Meyfit Kuyusu (KYS-9)	L34-a4	0683355	4241556	120	1.207	18,8
Shell Benzinlik Kuyusu (KYS-10)	L34-a4	0683946	4239684	140	4.650	19,5
KYS-11 (Kuyu)	L34-a4	0684889	4238936	210	4.130	21,0
KYS-12 (Kuyu)	K34-d3	0690630	4273560	-	495	22,1
KYS-13 (Kuyu)	K34-d3	0690500	4268440	-	730	20,9
DSİ Kuyusu (KYS-14)	L34-a4	0683570	4243710	-	1.630	17,9
Yeşilhisar Belediye Kuyusu (KYS-15)	L34-a4	0682788	4247306	-	1.050	15,0
KYS-16 (Kuyu)	L34-a2	0687810	4259080	-	950	17,0
Erkut İnşaat Kuyusu (KYS-17)	K34-d3	0691035	4274500	-	735	22,3

Sahada örneklenen sulara yerindeki sıcaklıklar inceleme alanın kuzeyinde yüksektir. Ancak jeotermal açıdan önemli olan yüksek mineralli sular ise sahanın GB'sında yer almaktadır. Kuzeyde örneklenen suların, sığ kuyulara ait olması sahada görülen sıcaklardan farklılaşmalarına neden olabileceği ilk etapta değerlendirilmiştir. Ancak yapılan jeotermal amaçlı derin sondaj çalışmaları da göstermektedir ki, sahanın kuzeyindeki sondajdaki jeotermal gradyan sahada yapılan diğer sondajlara oranla daha fazladır (Şekil 4.24).

Su içinde bulunan eriyik minerallerin doğurduğu elektrik iletkenliğini gösteren elektriksel iletkenlik (EC) değeri toplam eriyik miktarı ile belli bir orantıdadır. Ölçümü yapılan kaynak ve kuyulara ait suların EC değerleri 118-8.830 $\mu\text{mho/cm}$ arasında değişmektedir. Sahada bulunan en yüksek elektriksel iletkenliğe sahip su İçmece Kaynağı suyu (KYS-2) iken Soysallı Kaynak suyu (KYS-6) en düşük elektriksel iletkenliğe sahiptir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). İncelenen suların majör anyon katyon sıralaması da Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. İnceleme alanında yer alan kuyu ve kaynakların majör anyon katyon dizilimi (meq/L).

Örnek No	KATYON	Anyon
KYS-1	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2})$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$
KYS-2	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	$\text{Cl}^{-} > (\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-3	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-4	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	
KYS-5	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$
KYS-6	$(\text{Na}^{+} + \text{K}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-7	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2})$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$
KYS-8	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2})$	
KYS-9	$\text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Ca}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$
KYS-10	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	$\text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-} > (\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-})$
KYS-11	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	$\text{Cl}^{-} > (\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-12	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-13	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$
KYS-14	$\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2})$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-15	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	$(\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$
KYS-16	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	
KYS-17	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2}$	
KİS-2016/06	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+2}) > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$	$\text{Cl}^{-} > (\text{HCO}_3^{-} + \text{CO}_3^{-}) > \text{SO}_4^{-2}$

İnceleme alanındaki örneklerin çoğunluğunda (KYS-1,3,4,5,7,8,12,15,16,17) katyonlarda Ca ve anyonlarda ise HCO_3 baskın iyon olup bu sular Ca- HCO_3 fasiyesindedir. Yeşilhisar içmecesi ve civarı (KYS-2, 11) suları ile jeotermal sondaj (KİS-2016/06) örneklerinde katyonlarda Na ve anyonlarda ise Cl baskın, KYS-6, 10, 13 örneklerinde katyonlarda Na ve anyonlarda ise HCO_3 ve SO_4 baskın iyon, KYS-9 ve 14 örneklerinde ise katyonlarda Mg ve anyonlarda ise HCO_3 baskın iyondur.

Buna göre sahadan toplanan su örneklerinin Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) [63] göre sınıflandırılması Çizelge 4.5’ de sunulmaktadır.

Çizelge 4.5. Örneklerin Uluslararası Hidrojeologlar Birliğine Göre Sınıflaması [63].

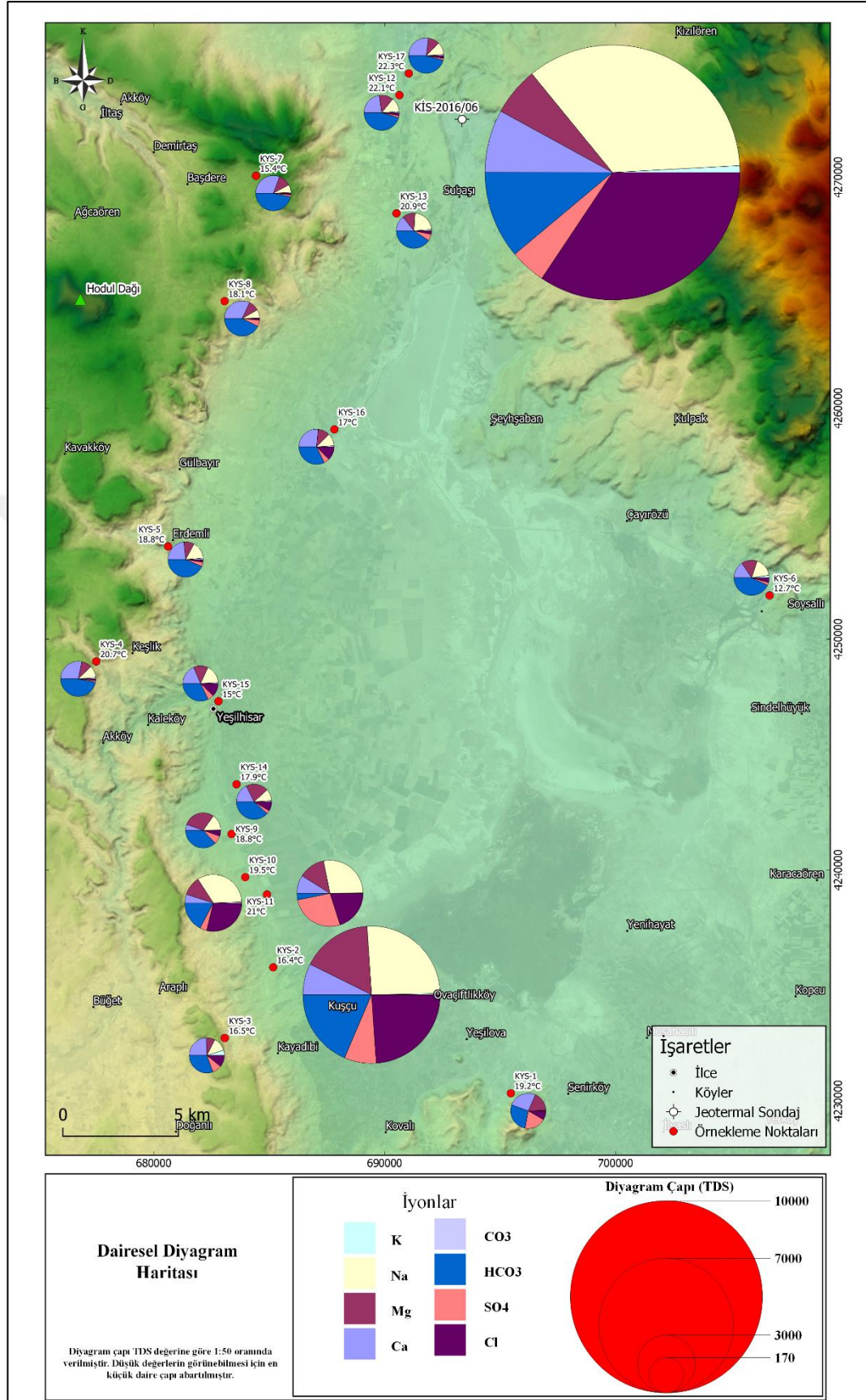
Örnek Adı	Su Sınıfı
KYS-1	Kalsiyumlu, magnezyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, sülfatlı, mineralce fakir; soğuk sular
KYS-2	Sodyumlu, magnezyumlu, klorürlü, bikarbonatlı, mineralli soğuk sular
KYS-3	Kalsiyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, klorürlü, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-4	Kalsiyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, sıcak sular
KYS-5	Kalsiyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-6	Sodyumlu, kalsiyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-7	Kalsiyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-8	Kalsiyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-9	Magnezyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralli, soğuk sular
KYS-10	Sodyumlu, magnezyumlu, sülfatlı, klorürlü, mineralli, soğuk sular
KYS-11	Sodyumlu, magnezyumlu, klorürlü, bikarbonatlı, mineralli, sıcak sular
KYS-12	Kalsiyumlu, magnezyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, sıcak sular
KYS-13	Sodyumlu, kalsiyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, sıcak sular
KYS-14	Magnezyumlu, kalsiyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralli, soğuk sular
KYS-15	Kalsiyumlu, sodyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, klorürlü, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-16	Kalsiyumlu, sodyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, klorürlü, mineralce fakir, soğuk sular
KYS-17	Kalsiyumlu, magnezyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı, mineralce fakir, sıcak sular
KİS-2016/6	Sodyumlu, klorürlü, bikarbonatlı, borlu, mineralce zengin, sıcak sular

İncelenen suların genelinde kalsiyumlu, magnezyum, sodyum, bikarbonat iyon oranları fazla iken inceleme alanının GD’sunda yer alan sularda Cl iyon konsantrasyon oranı artmakta ve KİS-2016/6 (KJS) jeotermal sondaj çalışmasından elde edilen su ve İçmece (YMS) ve civarında örneklenen su iyon oranları açısından benzerlik göstermektedir. İçmece (YMS) ve civarı Cl iyon konsantrasyonundaki artış Yeşilhisar formasyonundaki evaporitlerin yanısıra yapılan sondaj çalışması ile elde edilen suda da görülen yüksek Cl konsantrasyonu ile de ilgili olmasına bağlıdır.

Çizelge 4.6. İnceleme alanından alınan su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları (Haziran 2016) (mg/l).

Develi	Köy	Numune	T(°C)	pH	TDS	EC	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	F	Br	NO ₃	SiO ₂	Ca/Mg	Ca/SO ₄	Na/Cl	Y,D %
		Adı				(µmho/cm)															
Yeşilhisar	Doğanlı	KYS-1	19,2	7,3	824,4	1046	104,00	43,00	52,10	2,30	56,60	180,00	323,00	0,10	0,30	41,40	21,60	2,42	0,58	0,92	2,00
Yeşilhisar	Kuşçu (İçmece)	KYS-2	16,4	6,7	7148,1	8830	324,00	448,00	1312,00	29,30	1793,00	764,00	2398,00	0,30	1,60	12,40	65,50	0,72	0,42	0,73	2,30
Yeşilhisar	Kayadibi	KYS-3	16,5	7,3	446,18	446	43,80	8,68	26,00	17,10	30,50	33,20	149,00	0,30	0,10	65,40	72,10	5,05	1,32	0,85	4,70
Yeşilhisar	Keşlik	KYS-4	20,7	6,6	415,46	344	43,80	9,04	19,50	3,72	5,00	5,50	233,00	0,10	<0,1	12,30	83,50	4,85	7,96	3,90	2,40
Yeşilhisar	Erdemli	KYS-5	18,8	5,8	855,9	843	87,10	21,10	66,70	10,30	17,90	33,90	520,00	0,10	<0,1	0,10	98,70	4,13	2,57	3,73	2,50
Develi	Soysallı	KYS-6	12,7	6,7	170,71	118	7,54	4,42	9,81	2,24	4,35	3,39	71,80	0,10	<0,1	4,86	62,10	1,71	2,22	2,26	4,40
İncesu	Başdere	KYS-7	15,4	7,6	558,13	506	73,70	16,50	19,70	3,54	6,68	11,40	365,00	0,10	<0,1	1,81	59,70	4,47	6,46	2,95	3,40
İncesu	Acıoluk	KYS-8	18,1	7,4	476,56	465	67,10	12,40	18,40	2,48	5,58	28,30	269,00	<0,1	<0,1	26,90	46,40	5,41	2,37	3,30	0,70
Yeşilhisar		KYS-9	18,8	7,6	1141,66	1207	30,20	98,60	94,30	4,86	56,00	108,00	664,00	<0,1	0,20	10,20	75,30	0,31	0,28	1,68	3,10
Yeşilhisar		KYS-10	19,5	7,6	3445,4	4650	197,00	174,00	711,00	13,00	734,00	1325,00	203,00	0,10	1,00	36,50	50,70	1,13	0,15	0,97	3,50
Yeşilhisar		KYS-11	21	7,2	2967,63	4130	84,70	114,00	662,00	21,20	898,00	166,00	927,00	0,50	0,30	6,43	87,50	0,74	0,51	0,74	1,20
İncesu		KYS-12	22,1	7,3	543,58	495	51,30	18,00	33,50	5,71	9,77	10,30	305,00	0,20	<0,1	24,00	85,80	2,85	4,98	3,43	1,40
İncesu		KYS-13	20,9	7,1	802,34	730	50,30	25,60	93,30	8,19	21,20	53,10	460,00	0,30	<0,1	8,85	81,50	1,96	0,95	4,40	2,00
Yeşilhisar		KYS-14	17,9	6,9	1554	1630	134,00	95,50	93,80	16,50	121,00	58,50	939,00	<0,1	0,30	23,70	71,70	1,40	2,29	0,78	2,50
Yeşilhisar		KYS-15	15	6,9	945,86	1050	87,10	38,20	92,80	8,76	109,00	66,60	490,00	0,20	0,20	2,10	50,90	2,28	1,31	0,85	3,10
Yeşilhisar		KYS-16	17	7,3	858,5	950	110,00	27,60	55,20	8,50	95,60	52,70	419,00	0,10	0,30	18,50	71,00	3,99	2,09	0,58	1,30
İncesu		KYS-17	22,3	7,3	786,15	735	92,30	21,80	45,50	6,55	15,60	13,80	484,00	0,20	<0,1	16,40	89,90	4,23	6,69	2,92	0,60
İncesu		KİS- 2016/06	28,3	6,6	11449	11460	502,00	204,00	3048,00	141,00	4464,00	942,00	3288,00	1,20	1,50	3,72	144,00	2,46	0,53	0,68	1,20

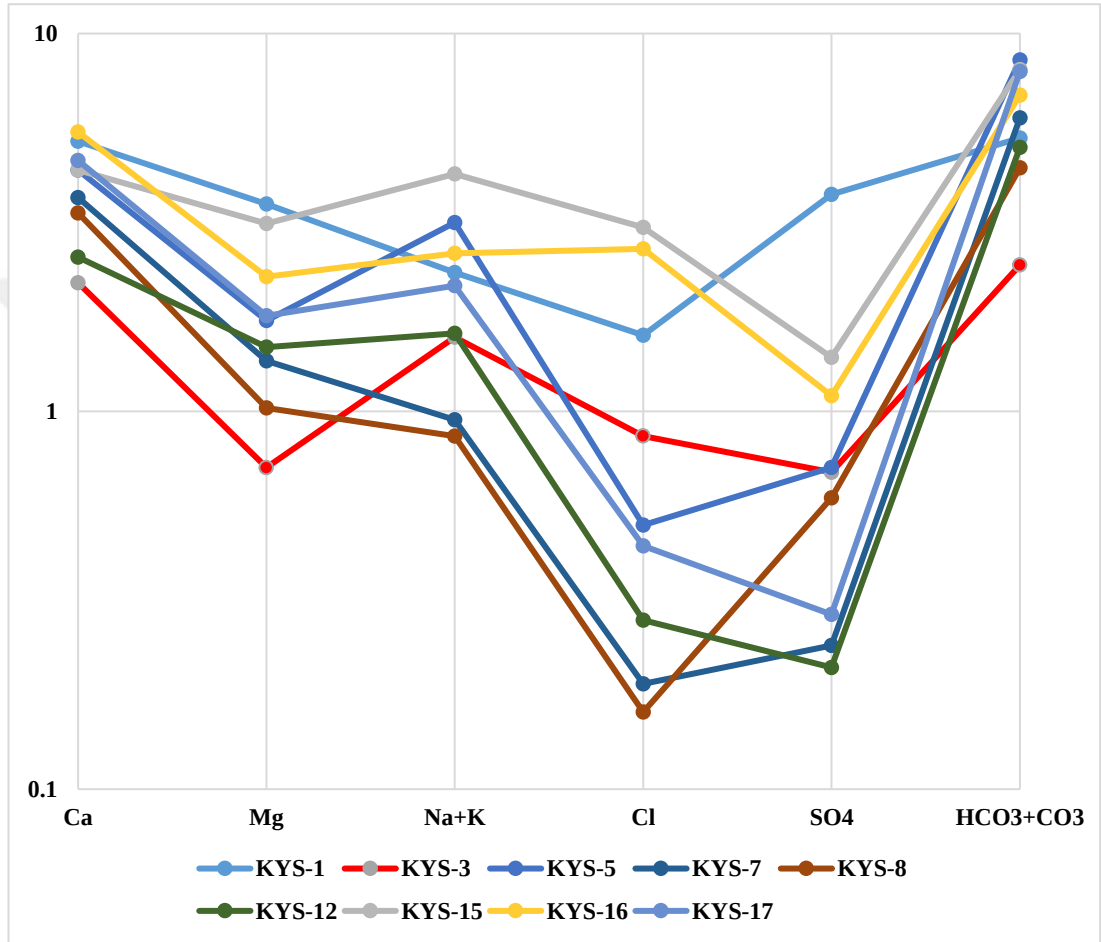
Y.D*=Yük Denge Hatası



Şekil 4.25. İncelenen suların dairesel diyagram haritası.

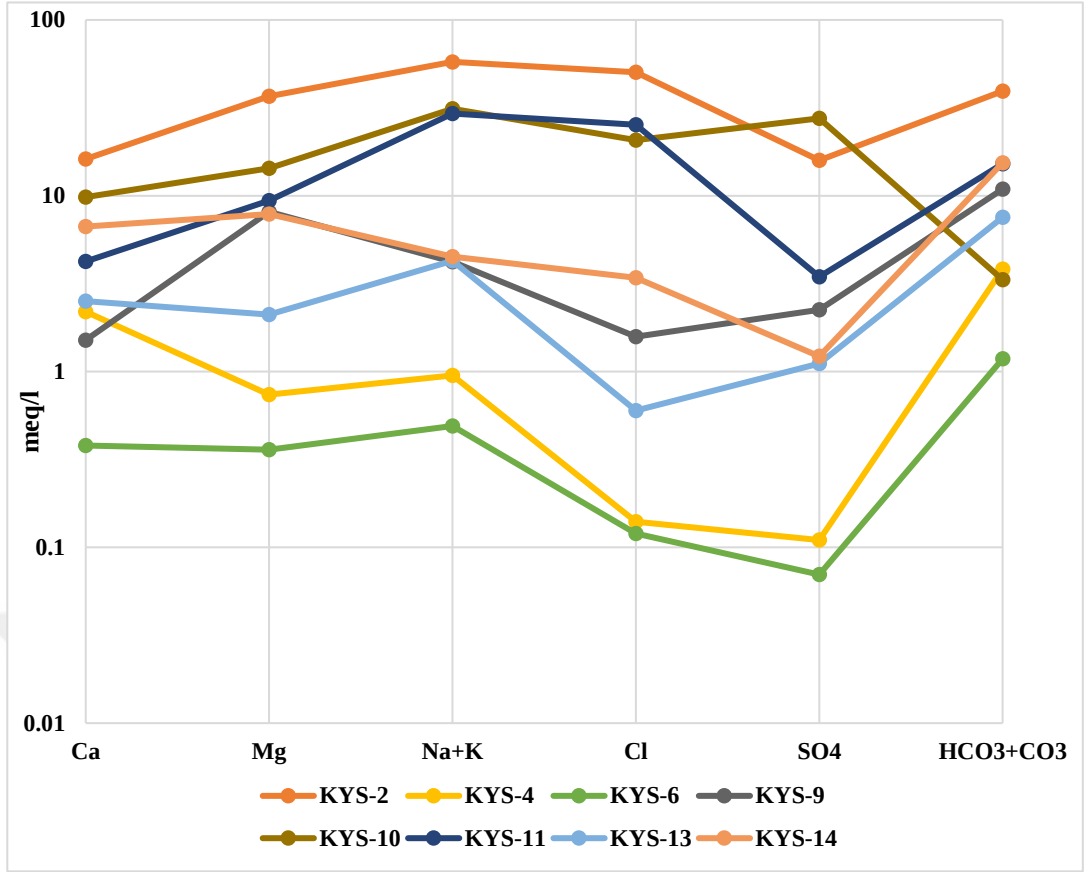
4.8.1 Suların kökensel değerdendirmeleri

Sıcak su kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve dolaşım sisteminde geçirdiği hidrokimyasal süreçler ve birbirleri ile olan kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla sıcak su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları yarı logaritmik Schoeller ve Piper diyagramı kullanılarak değerdendirilmiştir.



Şekil 4.26. İncelenen suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (1) (Haziran 2016)

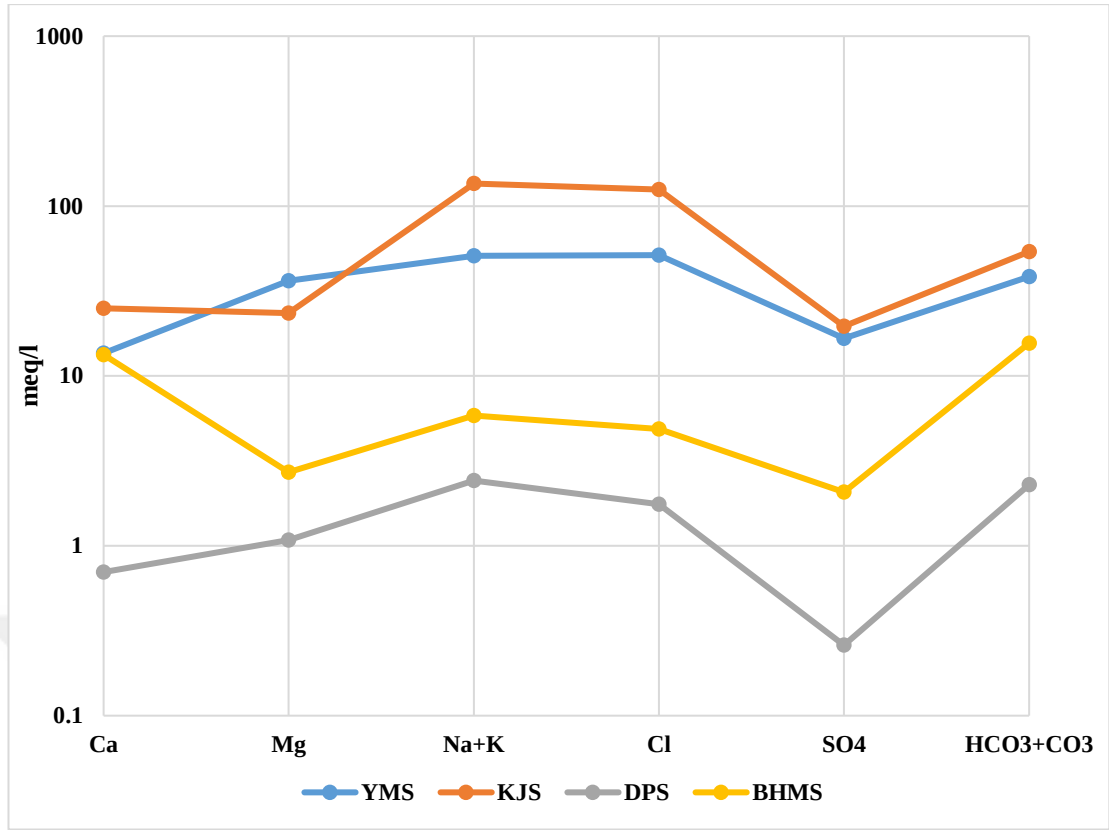
Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre, incelenen suların büyük bir kısmı (KYS-1, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 15, 16 ve 17) Ca-HCO₃'lıdır (Şekil 4.26). KYS-2, KYS-11 ve sondaj (KİS-2016/6 örneği) suyu Na-Cl'lidir. KYS-6 ve KYS-13 Na-HCO₃, KYS-9 ve KYS-14 Mg-HCO₃, KYS-10 suyu ise Na-SO₄'lı sular sınıfına girmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.27. İncelenen suların yarı logaritmik Schoeller diyagramı (2) (Haziran 2016).

Genel olarak suların büyük çoğunluğunun (KYS-3, 4, 5, 7, 8, 12, 15, 16 ve 17) Çayraz Formasyonu içinde yer alan kireçtaşlarından, KYS-1 suyunun Permien yaşlı Karlığın-tepe formasyonu kireçtaşlarından, KYS-6 ve KYS-13 sularının Erciyes volkanitlerinden, KYS-9 ve KYS-14 sularının ofiyolit veya dolomitik kireçtaşlarından ve KYS-2, KYS-11 sularının ise Yeşilhisar Formasyonu içinde yer alan jipslerden beslendiği düşünülmektedir.

Bununla birlikte sahada yapılan JAS çalışması ile elde edilen jeotermal suyun kimyasal yapısının değerlendirilmesi ve kökensel analizi amacıyla sondaj çalışması tamamlandıktan sonra sahadan örnekleme yapılmıştır. Bu kapsamda en yakın jeotermal sulardan Bayramhacı (BHMS)'dan , inceleme sahası içinde bulunan Dokuzpınar soğuk suyundan (DPS), Yeşilhisar mineralli suyundan (YMS) ve JAS'dan (KJS) alınan suyun analiz sonuçlarına göre kökensel ilişkileri yarı logaritmik Schoeller diyagramında sunulmuştur (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Örneklenen sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramı (3) (Kasım 2016).

JAS'dan alınan su yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre, kuyudan üretilen su (KJS) Na-Cl'lüdür. Bu suyun iyon dizilimi; $Na+K > Ca > Mg$ ve $Cl > HCO_3 > SO_4$ biçimindedir.

Tüm yarılogaritmik diyagramlar üzerinde örnekler incelendiğinde sular, dolaşım sürelerine ve çözünmüş katı madde içeriklerine göre kendi aralarında gruplar şeklinde paralel bir dizilim sunmaktadırlar. Bu durum suların aynı beslenme alanı içerisinde yeralan benzer kökenli yeraltısuları olduğunu göstermektedir.

Sıcak ve mineralli sular soğuk su kaynaklarına göre oldukça fazla iyon içerirler. Meteorik kökenli olan bu kaynaklar yeraltında kaldıkları süre içerisinde çeşitli etkenlerle ısınarak yükseklik ve beslenme alanından boşalım alanına doğru hareket ederken temas halinde bulundukları kayalarla etkileşerek bünyelerine yıkadıkları kayalardan çözdükleri mineralleri katarlar. Daha soma sondajlarla ya da kırık, çatlak, fay vb. tektonik yapılarla yüzeye çıkarlar. Soğuk sular ise sığ dolaşıma sahip ve yeraltında kalış süreleri fazla olmayan sulardır.

K^+ ve $HCO_3^- + CO_3^{-2} > Cl^- + SO_4^{-2}$ şeklindedir. JAS'dan alınan suda $Na^+ + K^+ > Ca^{+2} + Mg^{+2}$ ve $Cl^- + SO_4^{-2} > HCO_3^- + CO_3^{-2}$ olup bunlar kuvvetli asitler zayıf asitlerden baskın tuzlu ve sodalı sulardır.

KYS-2, KYS-10 ve KYS-11 örneklerine ait sular birbirleriyle benzerlik göstermektedir. Bu sulara iyon bolluk dizilimi $Cl^- + SO_4^{-2} > Cl^- + SO_4^{-2}$ şeklindedir. Karbonatlı olmayan alkaliler %50'den fazla olup karbonatlı alkalilerden büyük olan NaCl, NaSO₄ ve KCl'lü sulardır.

Bu sulara kuvvetli asitler zayıf asitlerden fazla ve alkaliler toprak alkalilerden fazla olup, tuzlu ve sodalı sulardır.

KYS-1 için ise diğer sulardan farklılık göstermektedir. Hiçbir iyonu %50'yi geçmeyen sulara bulunur. Bu suların iyon bolluk dizilimi $Ca^{+2} + Mg^{+2} < Na^+ + K^+$ ve $HCO_3^- + CO_3^{-2} > Cl^- + SO_4^{-2}$ şeklindedir. Bu suda zayıf asitler, kuvvetli asitlerden fazla olup tuzlu ve sodalı sulardır.

4.8.2 Doygunluk indisi hesaplamaları

Yeraltısuyu dolaşımı esnasında, rezervuar sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrojeokimyasal süreçler hakkında yorum yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltısuyunda çeşitli minerallerin doymuluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. Suların mineral doymulukları, su içindeki iyonların ve minerallerin Gibbs serbest enerjisi ile iyon etkinliklerinin bilinmesi ile ilişkilidir ve doymuluk indisi olarak bilinen bu değer her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişen değerler içeren logaritmik bir kavramdır. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doymuluk indisi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanır [59].

Dİ veya SI ($\log Q/K$) = 0 ise Su ilgili mineral ile dengededir (doymundur).

Dİ veya SI ($\log Q/K$) > 0 ise Su ilgili mineralle aşın doymundur (mineral çöktürücü özelliktedir).

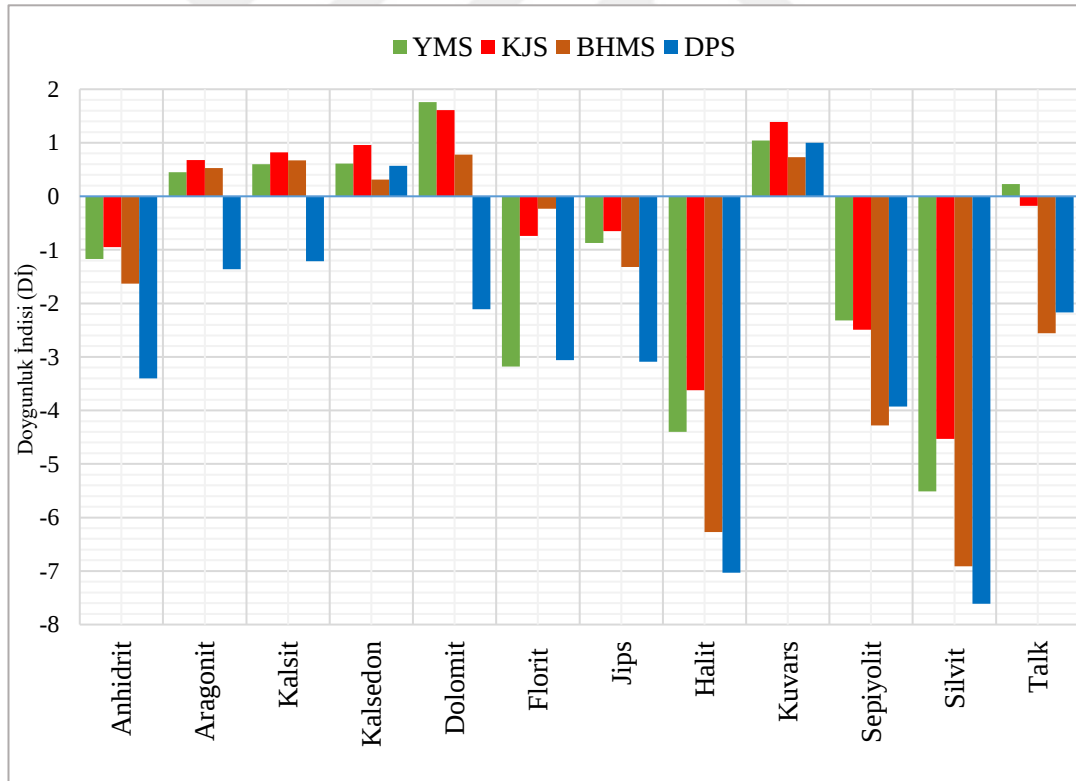
Dİ veya SI ($\log Q/K$) < 0 ise Su ilgili mineralle doymun değildir (mineral çözündürücü özelliktedir).

İnceleme alanında yer alan sondaj çalışması ile elde edilen sıcak su (KJS), mineralli (YMS) ve soğuk su kaynağı (DPS) ve en yakın jeotermal alandan sıcak suyun (BHMS)

anhidrit, aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, florit, jips, halit, kuvars, sepiyolit, silvit, talk mineraline göre doygunluk indisleri yüzeydeki pH ve sıcaklık değerlerine göre PhreeqC programı yardımı ile hesaplanmış Çizelge 4.7’de ve Şekil 4.30’da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Suların mineral doygunluk indisi değerleri

Mineral	Formül	KJS	BHMS	DPS	YMS
Anhidrit	CaSO ₄	-0,95	-1,63	-3,4	-1,17
Aragonit	CaCO ₃	0,68	0,53	-1,36	0,45
Kalsit	CaCO ₃	0,82	0,67	-1,21	0,6
Kalsedon	SiO ₂	0,96	0,31	0,57	0,61
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	1,61	0,78	-2,11	1,76
Florit	CaF ₂	-0,74	-0,23	-3,06	-3,18
Jips	CaSO ₄ ·2H ₂ O	-0,65	-1,32	-3,09	-0,87
Halit	NaCl	-3,62	-6,27	-7,03	-4,4
Kuvars	SiO ₂	1,39	0,73	1,00	1,04
Sepiyolit	Mg ₂ Si ₃ O ₇ ·5OH·3H ₂ O	-2,49	-4,28	-3,93	-2,32
Silvit	KCl	-4,53	-6,91	-7,61	-5,51
Talk	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	-0,18	-2,56	-2,17	0,23



Şekil 4.30. Suların mineral doygunluk indisi değerleri grafiği

BHMS, KJS ve YMS örnekleri aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit ve kuvars minerallerince doygunudur. DPS ise sadece kalsedon ve kuvars minerallerince doygunudur.

BHMS, KJS ve YMS nin kayalarla olan temas ve etkileşim süreleri de göz önüne alındığında, uzun süreli dolaşimleri ve CaCO_3 içeren kayalardan beslenmeleri nedeniyle aragonit, kalsit ve dolomit minerallerince doygun olmaları beklenen bir sonuçtur. Ancak YMS nin dolomitte daha fazla doygun olması beslenme sürecinin ve akiferin diğer mineralli sulardan farklı olduğu şeklinde değerlendirilebilir. DPS sıg dolaşimli soğuk bir su olması nedeniyle SiO_2 mineralleri haricinde diğer minerallerce doygun hale gelememiştir. Örneklenen suların SiO_2 mineralleri açısından doygun olmasının nedeni ise inceleme alanında geniş bir alanı kaplayan volkanik kayalarla suyun etkileşiminin bir sonucudur.

4.8.3 Jeotermometre uygulamaları

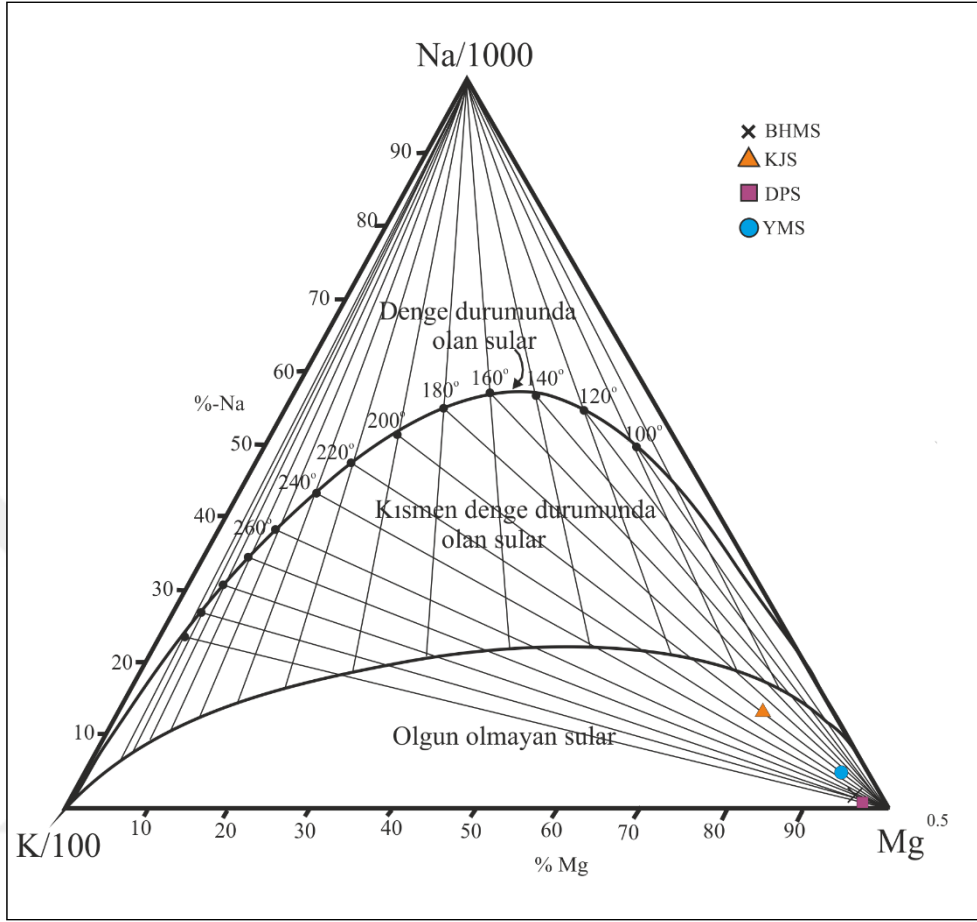
Yeryuvarında doğrudan gözleyemediğimiz bir yerde oluşan denge durumunun oluşum sıcaklığının bilinen fazlardan (mineral toplulukları, iyon değişimleri, iyon oranları) yola çıkılarak tahmin edilmesi yöntemine jeotermometre denmektedir. Buna göre rezervardan yeterli hızla yükselen ve yan kayalarla ilişkisi sınırlı kalmış suların kimyasal bileşimleri yardımıyla akiferde oluşan denge durumuna ait sıcaklığın tahmin edilmesi mümkündür [60].

Bu amaçla çeşitli araştırmacılar tarafından birçok jeotermometre uygulaması geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan ve düşük sıcaklıklı sistemler için en uygun sonuç verenler silis ve katyon jeotermometreleridir.

Bu jeotermometreleri uygularken iletimle soğuma ile birlikte suyun bileşiminde bir değişiklik oluşmadığı kabul edilir [61]. Katyon jeotermometreleri ve silis jeotermometreleri sudaki silis ve Mg, Ca, Li Na, K gibi iyonların değişimine dayalı olarak ortaya çıkmış jeotermometrelerdir ve bunlardan katyon jeotermometrelerinin hesaplamalarda kullanıma uygun olup olmadığını görmek için tarafından önerilen Na-K-Mg Diyagramı kullanılmaktadır [64].

Çalışma alanında BHMS, KJS, YMS ve DPS'dan alınan su örneklerinin katyon jeotermometre hesaplamalarına uygunluğunu kontrol etmek için Na-K-Mg Diyagramı

hazırlanmıştır. Verilen bu diyagramda suların “Olgun Olmayan Sular” alanında yer aldıklarından bu sulara katyon jeotermometreleri uygulanmamıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. İnceleme alanındaki suların Giggenbach (1988) üçgen diyagramındaki dağılımları

Silis jeotermometreleri, kimyasal tepkimeyi etkileyen akifer sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına dayanılarak hazırlanmıştır. Silisyumun sıcaklıkla çözünürlüğü artmaktadır. Silisin bu özelliğinden yola çıkılarak çeşitli sıcaklıklar için jeotermometre bağıntıları hazırlanmıştır.

Mineral çözünürlüğüne bağlı olduğu silis jeotermometrelerinin uygulanmasında muhtemel rezervuar sıcaklığı ve denge durumu göz önünde bulundurularak, araştırmacılar tarafından çeşitli silis minerallerine dayanan jeotermometre hesapları geliştirilmiştir. Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, rezervuar sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler 150-225°C sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedirler. Daha yüksek sıcaklıklarda akiferden yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenir. Bu nedenle

sıcaklığı 225°C' nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sularda gerçek sıcaklığı yansıtmaz [59].

İnceleme alanından elde edilen örneklerin silis derişimleri, silisin farklı biçimleri ele alınarak değerlendirilmiş ve sonuç olarak Çizelge 4.8' de verilen muhtemel rezervuar sıcaklıkları elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. İncelenen suların hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları (°C)(*:[62]).

		BHMS	KJS	YMS	DPS
	SiO ₂ (mg/l)	33,8	144,0	66,8	63,1
Jeotermometre	Kristobalit alfa*	34	108	65	62
	Kalsedon*	53	134	87	84
	Kuvars*	84	159	116	113
	Kuvars buhar kaybı*	87	151	115	112
	Ölçülen Sıcaklık (°C)	40,8	51,2	16,4	13,2

Tahmini en yüksek rezervuar sıcaklıkları, BHMS için 87°C, KJS için 159 °C, YMS için 116°C, DPS için ise 113 °C olarak hesaplanmıştır. KJS sondaj çalışması ile elde edilen su ile bu jeotermal alanda elde edilebilecek en yüksek rezervuar sıcaklığının 159°C olabileceği öngörülmektedir. İnceleme alanında açılmış en derin sondaj çalışmasında kuyu tabanında da 116,12°C sıcaklık ölçülmüş olup bu değer hesaplanan rezervuar sıcaklığı ile paralellik göstermektedir.

4.8.4 Karışım modelleri

Karışım modelleri, jeotermal sahaların keşfi ve gelişim sürecinin tüm aşamalarında etkili bir araçtır. Jeotermal suya etki eden süreçlerin zaman içerisinde izlenmesini sağlar ve yeni bir jeotermal kaynağın ısı potansiyelini ve akış yapılarının değerlendirmelerinin erken aşamalarında özellikle yararlıdır. Entalpi-klorür ve entalpi-silika karışım modelleri yaygın kullanım alanı bulmuş ve bu nedenle bu çalışmada detaylı olarak ele alınmıştır [64]. İki karışım modelindeki kaynak, kaynama ve rezervuar sıcaklıklarına karşılık gelen entalpi değerleri Keenan vd.'deki su için doymuş buhar ve sıcaklıkları içeren termodinamik verilerin bulunduğu buhar tablolarından alınmıştır.

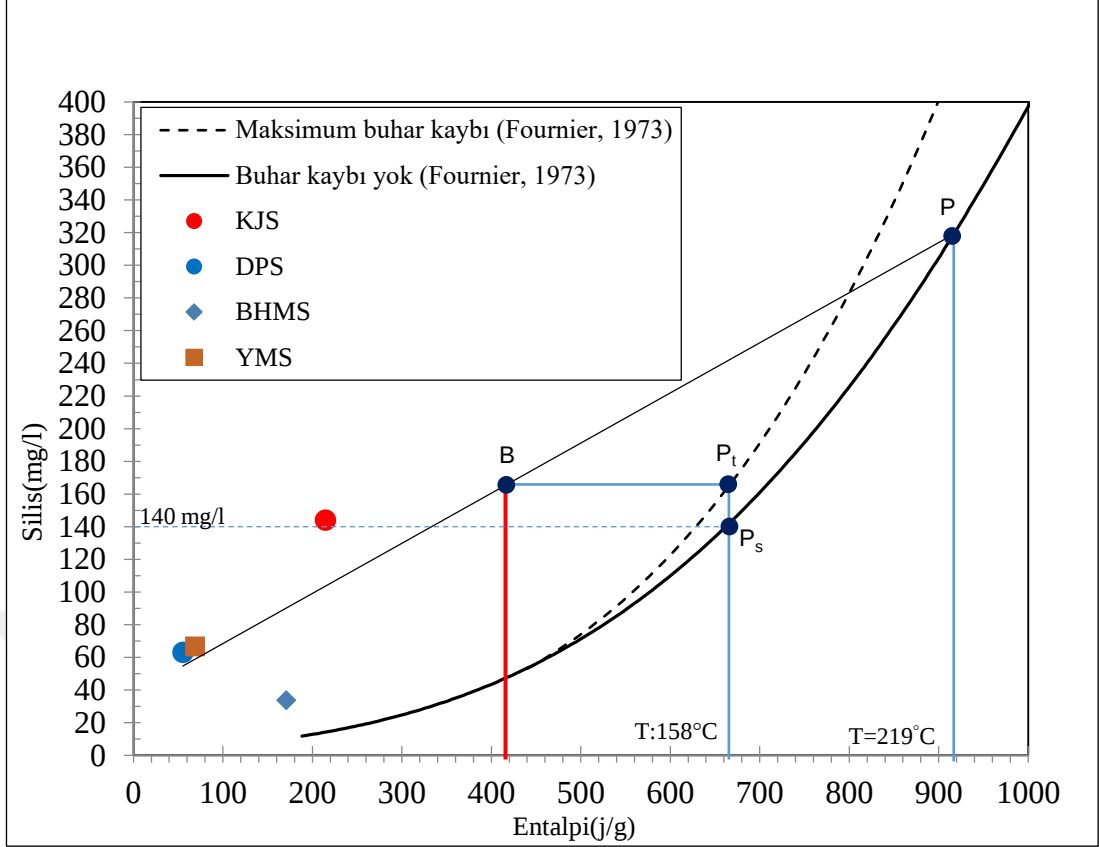
4.8.4.1 Entalpi-silika karışım modeli

Entalpi-silika karışım modeli, Truesdell ve Fournier [27] tarafından geliştirilen ve karışıma ya da seyrelmeye uğramış jeotermal suların rezervuar sıcaklıklarını ve rezervuar koşullarındaki silika derişimlerini tahmin etmek için kullanılan yararlı bir tekniktir. Fournier ve Truesdell [27] modelin ısı ve silika dengesine bağı olduğunu belirterek uygun şekilde uygulanabilmesini 3 temel varsayıma bağlamışlardır:

- Karışımından sonra herhangi bir ısı kaybı yoktur.
- Akışkanının silika içeriğini kuvars çözünürlüğü kontrol eder.
- Akışkan rezervuardan ayrıldıktan sonra, karışımından önce ya da sonra silika çökelmesi ya da çözünmesi yoktur.

Model, 275 °C sıcaklıklı jeotermal sistemlere kadar uygun şekilde çalışırken, bunun üzerindeki çok yüksek entalpili sistemlerdeki jeotermal akışkanlarda kuvars çökeli mi oldukça hızlı bir şekilde gerçekleştiğinden yukarıda yapılan üçüncü varsayım geçerli olmaz ve hatalı sıcaklık hesaplamalarına neden olabilir. Bunun yanında, modelin başarılı olabilmesi ve hataların en aza indirgenmesi için, silika veri kalitesinin ve örnek seçiminin mümkün olduğunca iyi olması gerekir [65].

İnceleme alanı sularının entalpisinin (j/g) silis içeriğine göre (mg/l) çizilen grafiğı Entalpi-Silis karışım modeli diyagramında sunulmuştur (Şekil 4.32). Buna göre suların diyagramda gösterdiği noktasal dağılıma göre çizilen eğim doğrusunun Fournier 1973 tarafından tanımlanmış yeraltısuyu ve jeotermal suyun karışımından önce buhar ve ısı kaybının olmadığı koşullara göre oluşturulan eğriyi kestiğı noktanın (P) x değeri olan entalpi değerinin, yani suyun rezervuardaki ilksel sıcaklığının 918 j/g yani 219 °C olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.32. İnceleme alanı suları Entalpi-Silis diyagramı

Buhar ve ısı kaybının maksimum olduğu kabul edilen $100^{\circ}\text{C}=419 \text{ j/g}$ noktasından çizilen ve eğim doğrusunu kesen noktanın (B), Fournier 1973 tarafından tanımlanan maksimum buhar kaybı eğrisini kestiği (P_t) noktanın x değerinin olan entalpi değeri 662 j/g 'ın sıcaklık karşılığı ise 158°C olarak hesaplanmıştır. İncelenen suların buharlaşmanın 100°C sıcaklıkta ve 1 atm basınçta olduğu kabul edilmiştir. Buharlaşmanın 100°C sıcaklık üzerinde olduğu sistemlerde düzeltme amacıyla çizilen kuvars çözünürlüğü eğrisi bu çalışmada üretim sıcaklıklarının kaynama noktasına ulaşmaması nedeniyle çizilmemiştir. P_t noktasının buhar kaybının olmadığı eğriyi kesen noktanın (P_s) y değeri ise herhangi bir karışım yada buharlaşmada olmadan önce rezervuardaki akışkanın silika derişimini vermekte olup bu değer inceleme alanı sularında 140 mg/l olarak hesaplanmıştır. Buna göre ilksel akışkanda buhar olarak kaybedilen akışkanın ağırlıkça oranı $X_s=1-(P_s(\text{SiO}_2)/P_t(\text{SiO}_2))$ olarak hesaplanabilir. İnceleme sahası KJS için bu oran %3 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak Entalpi-Silis karışım modeli grafik yöntem ile elde edilen 158°C lik rezervuar sıcaklığı jeotermometre yöntemleri ile hesaplanan 159°C ile örtüşmektedir.

4.8.4.2 Entalpi-klorür karışım modeli

Entalpi-klorür diyagramları bir jeotermal alanın hidrolojisinin anlaşılmasında büyük öneme sahiptir. Yeraltındaki hidrojeolojik süreçlerin (kaynama, seyrelme-karışım ve kondaktif-soğuma) tanımlanması ve bir alandaki kaynaklar veya kuyu grupları arasındaki ilişkilerin oluşturulmasında kolay ve etkili bir şekilde kullanılmaktadırlar. Ayrıca rezervuardaki akışkanın tuzluluğunu ve sıcaklığını tahmin etmek için kullanılır, böylece jeotermometre hesaplamalarının kontrol edilmesini sağlar. Bu bakımdan, sıg bir rezervuarda sıcak suların soğuk sular ile karıştığı veya yeniden dengelendiği yerlerde özellikle kullanışlıdır. Böyle bir durumda jeotermometrelerin basit uygulaması ile derin rezervuar hakkında bilgi edinmek mümkün değildir.

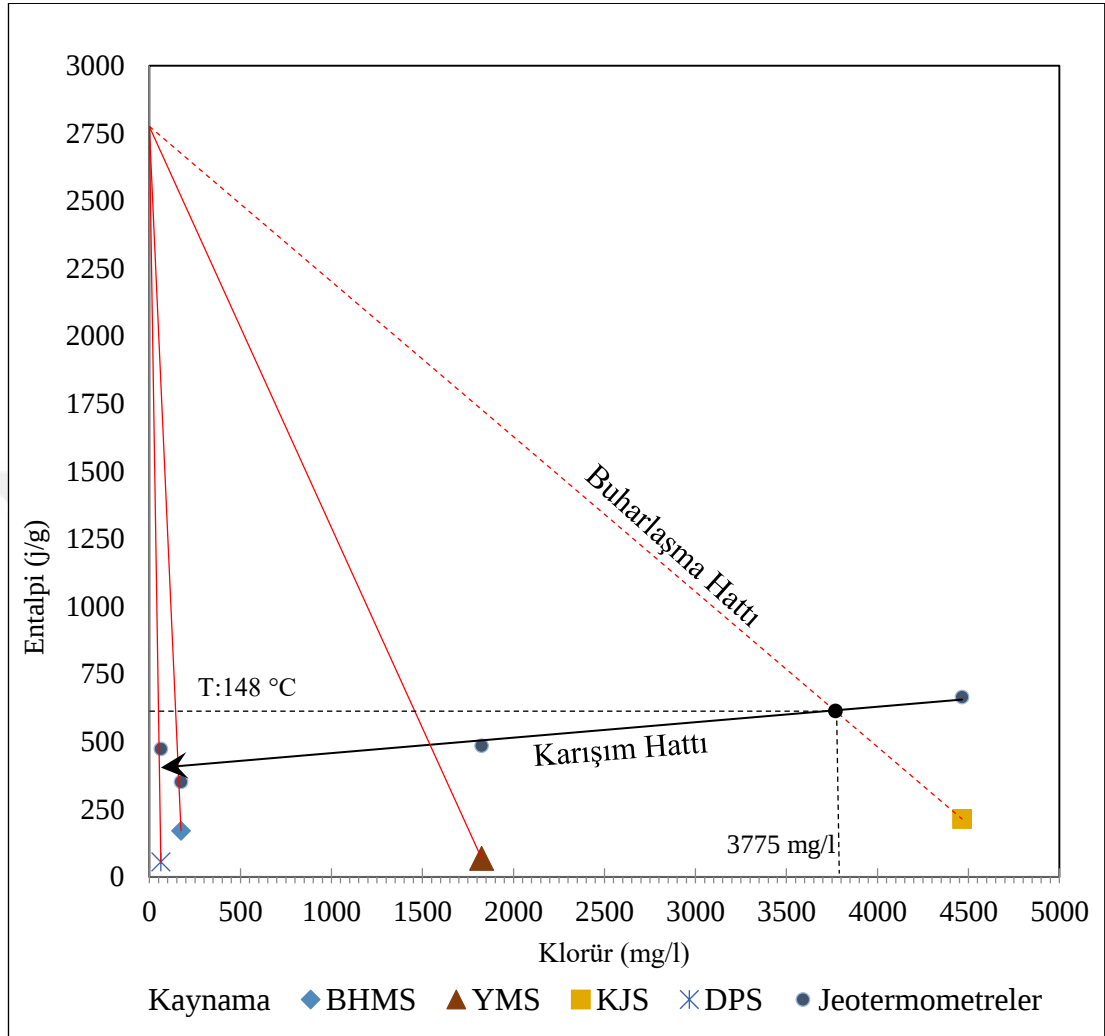
Bu modelde, klorür derişimlerinin kullanılmasının başlıca nedeni, Cl iyonunun diğer iyonlarla en az tepkimeye girme eğilimine sahip iyon olması, örnekleme sırasındaki hata oranının diğer iyonlara oranla düşük olması ve ilk kayaç çözünme ürünlerinden biri olmasıdır. Dolayısıyla, en çok Cl derişimi olan örneğin rezervuar koşullarına yakın olduğu düşünülerek diğer örneklerle karşılaştırılması ve suların uğradığı fiziksel prosesler hakkında yorum yapılması kolaylaşır [65].

Bu bağlamda Entalpi-klorür diyagramları, derin jeotermal rezervuarlarda rezervuar sıcaklığı tahmininde ve jeotermometrelerin üst sınırlarını aşan yüksek entalpili sahalarda jeotermometre sınırlamalarının çoğu zaman üstesinden gelebilir.

Entalpi-klorür diyagramında suyun kritik buharlaşma sıcaklığı olan 374°C 'nin entalpi değeri 2775 j/g olarak diyagrama işlenir. Daha sonra örneklerin klorür derişimlerine karşılık buhar tablolarından elde edilen kaynak suların sıcaklıklarının entalpileri diyagrama yerleştirilir. Bu noktalardan suyun buharlaşma entalpi noktasına doğrular çizilir. En yüksek Cl derişimine sahip noktadan çizilen doğru buharlaşma hattını temsil eder bu su orijinal suya en yakın sudur. Daha sonra örneklere uygulanan Kuvars jeotermometresi ile elde edilen rezervuar sıcakları entalpi değerleri, Cl derişimlerine göre diyagrama yerleştirilir.

Bu veriler ile jeotermometre noktalarından geçen en uygun doğru çizilir. Bu doğru karışım hattı adını alır ve yatay eksene doğru akışkanının yeraltı suları ile uğradığı seyrelmeyi belirtir. Karışım hattının buharlaşma hattını kestiği noktanın yatay eksenindeki değeri

orijinal rezervuar akışkanının klorür derişimini düşey eksen ise rezervuar sıcaklığını temsil eder.



Şekil 4.33. İncelenen suların Entalpi-Klorür diyagramı (kuvars).

Entalpi-klorür diyagramına bakıldığında, (Şekil 4.33) inceleme alanında YMS ve KJS suları yüksek Cl^- derişimleri ilk etapta göze çarpmaktadır. BHMS ve DPS suları ise düşük Cl^- derişimine sahiptir. Bu da daha önce de belirtildiği üzere YMS ve KJS örneklerinin daha olgun sular olduğunu gösteren diğer bir veridir. Orijinal rezervuar akışkanının 3775 mg/l Cl^- derişimine ve 148°C sıcaklığa sahip olduğu görülmektedir. Diyagrama göre orijinal rezervuar akışkanının Cl^- derişimi KJS'den daha azdır. Bunu sebebi örnek suyun buharlaşmaya uğraması ve akışkanda oluşan buhar kaybı nedeniyle klorür içeriğinin sıvı fazda kalarak kaynaklarda rezervuardan daha yüksek derişime ulaşmasıyla açıklanabilir. Örneklenen sular karışım hattı boyunca incelendiğinde, DPS ve BHMS suyunun YMS ve KJS suyuna göre çok daha fazla karışma ve seyrelmeye uğradıkları görülmektedir.

4.9 Dağılım Haritaları

Magmatik bir ısıtıcının bulunduğu jeotermal sistemlerde, en derin zonda, derin Cl^- 'lü su tipi bulunur. Bu sular daha yukarı zonlara çıktıklarında soğuk sularla karışıp çevre kayalarla etkileşime girerek hidrotermal alterasyon ürünlerini ve su içerisinde derinden gelen Cl^- , SO_2 ve H_2S gibi gazlar ile okside olarak sülfatlı suları oluştururlar. Ayrıca bu sular zamanla bu bölgede bikarbonatlı soğuk sularla karşılaştığında seyrelmiş Cl^- - HCO_3^- 'li suları oluşturabilir [64]. Dolayısıyla jeotermal suyun akış yapısının değerlendirilmesi için klorür derişimi dağılım haritaları ve sıcaklık etkisi ile su içerisine geçen ve çözünen silikanın rezervuar sıcaklık değerlendirmeleri için silika derişiminin dağılım haritaları, jeotermal anomalinin tespitinde önem taşır.

Hidrojeokimyasal değerlendirmeler kapsamında, inceleme alanı ve yakın civarında proje çalışmaları kapsamında alınan (KYS-1 - 17) ve DSİ Kayseri Bölge Müdürlüğü tarafından kaynak ve kuyularda yapılan analiz değerleri kullanılarak Cl^- , SiO_2 dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çizelge 4.9. Proje çalışmaları kapsamında alınan ve DSİ tarafından yapılan ve dağılım haritalarında kullanılan örneklere ait lokasyon ve analiz değerler

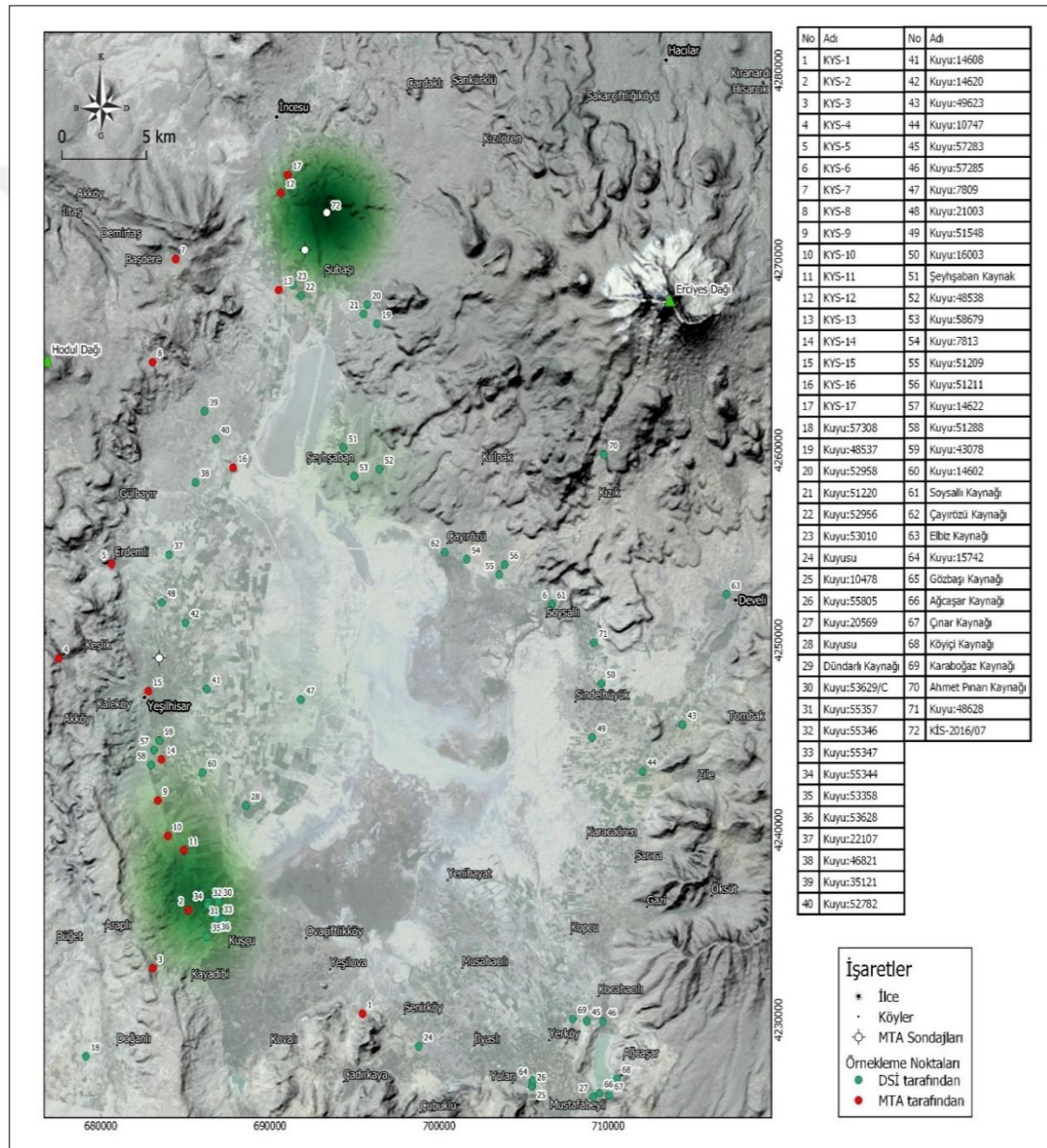
S.NO	Numune No.	Koordinatlar		Cl (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Örneği Alan
		X (yukarı)	Y (sağa)			
1	KYS-1	4230323	695455	56,6	21,6	MTA
2	KYS-2	4235779	685160	1,793	65,5	MTA
3	KYS-3	4232715	683067	30,5	72,1	MTA
4	KYS-4	4249030	677493	5	83,5	MTA
5	KYS-5	4254007	680609	17,9	98,7	MTA
6	KYS-6	4251887	706664	4,35	62,1	MTA
7	KYS-7	4270065	684415	6,68	59,7	MTA
8	KYS-8	4264635	683053	5,58	46,4	MTA
9	KYS-9	4241556	683355	56	75,3	MTA
10	KYS-10	4239684	683946	734	50,7	MTA
11	KYS-11	4238936	684889	898	87,5	MTA
12	KYS-12	4273560	690630	9,77	85,8	MTA
13	KYS-13	4268440	690500	21,2	81,5	MTA
14	KYS-14	4243710	683570	121	71,7	MTA
15	KYS-15	4247306	682788	109	50,9	MTA
16	KYS-16	4259080	687810	95,6	71	MTA
17	KYS-17	4274500	691035	15,6	89,9	MTA
18	Kuyu: 57308	4228076	679100	97,13	-	DSİ
19	Kuyu: 48537	4266656	696308	24,1	-	DSİ
20	Kuyu: 52958	4267668	695728	24,46	-	DSİ
21	Kuyu: 51220	4267173	695525	54,95	-	DSİ
22	Kuyu: 52956	4268130	691809	34,74	-	DSİ
23	Kuyu: 53010	4268704	691336	19,5	-	DSİ
24	Kuyu	4228598	698782	28	-	DSİ
25	Kuyu: 10478	4226500	705481	10,63	-	DSİ

Çizelge 4.9. (Devam). Proje çalışmaları kapsamında alınan ve DSİ tarafından yapılan ve dağılım haritalarında kullanılan örneklere ait lokasyon ve analiz değerler

S.NO	Numune	Koordinatlar		Cl (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	Örneği Alan
	No.	X (yukarı)	Y (sağa)			
26	Kuyu: 55805	4226506	705473	5,32	-	DSİ
27	Kuyu: 20569	4225937	709083	3,54	-	DSİ
28	Kuyu	4241279	688568	158,45	-	DSİ
29	Kaynak	4217638	691974	0,71	-	DSİ
30	Kuyu: 53629	4236238	686930	46,08	-	DSİ
31	Kuyu: 55357	4235270	687250	23,75	-	DSİ
32	Kuyu: 55346	4236217	686324	14,53	-	DSİ
33	Kuyu: 55347	4235343	686945	23,4	-	DSİ
34	Kuyu: 55344	4236037	686296	4,61	-	DSİ
35	Kuyu: 53358	4234380	686260	26,59	-	DSİ
36	Kuyu: 53628	4235370	686794	975,9	-	DSİ
37	Kuyu: 22107	4254490	684019	40,06	-	DSİ
38	Kuyu: 46821	4258311	685580	46,79	-	DSİ
39	Kuyu: 35121	4262049	686109	6,74	-	DSİ
40	Kuyu: 52782	4260586	686780	10,63	-	DSİ
41	Kuyu: 1460	4247425	686248	107,05	-	DSİ
42	Kuyu: 14620	4250911	684992	115,56	-	DSİ
43	Kuyu: 49623	4245552	714379	232,9	-	DSİ
44	Kuyu: 10747	4243083	712019	114,5	-	DSİ
45	Kuyu: 57283	4229940	708718	9,57	-	DSİ
46	Kuyu: 57285	4229903	709655	7,8	-	DSİ
47	Kuyu: 7809	4246863	691812	456,22	-	DSİ
48	Kuyu: 21003	4251981	683590	95	-	DSİ
49	Kuyu: 51548	4244867	709030	43,6	-	DSİ
50	Kuyu: 16003	4247715	709585	20,91	-	DSİ
51	Kaynak	4260138	694329	346,33	-	DSİ
52	Kuyu: 48538	4258998	696463	382,84	-	DSİ
53	Kuyu: 58679	4258628	694967	310,17	-	DSİ
54	Kuyu: 7813	4254257	701612	12,76	-	DSİ
55	Kuyu: 51209	4253439	703534	12,76	-	DSİ
56	Kuyu: 51211	4253973	703857	7,44	-	DSİ
57	Kuyu: 14622	4244214	683127	124,78	-	DSİ
58	Kuyu: 51288	4243433	682954	114,5	-	DSİ
59	Kuyu: 43078	4244703	683450	174,76	-	DSİ
60	Kuyu: 14602	4243025	686000	118,4	-	DSİ
61	Kaynak	4251897	706659	4,96	-	DSİ
62	Kaynak	4254623	700313	46,08	-	DSİ
63	Kaynak	4252401	716971	2,84	-	DSİ
64	Kuyu: 15742	4226796	705515	52,46	-	DSİ
65	Kaynak	4219107	707122	2,13	-	DSİ
66	Kaynak	4226140	709462	2,84	-	DSİ
67	Kaynak	4226017	710052	3,54	-	DSİ
68	Kaynak	4226900	710504	4,96	-	DSİ
69	Kaynak	4230049	707887	73,38	-	DSİ
70	Kaynak	4259765	709734	2,48	-	DSİ
71	Kuyu: 48628	4249870	709129	14,18	-	DSİ
72	KİS-2016/06	4272425	693329	4464	144	MTA

4.9.1 Klorür dağılım haritası

Klorür derişimi anomalileri, derin dolaşımli suların tespitinde önemli bir rol oynamaktadır. Klorür, halojen grubunun (F, Cl, Br, I) bir elementidir ve diğer halojen grubu elementlerine oranla suda daha fazla bulunur. Cl'un tüm tuzları suda çözünür ve çözünürlüğü asit, alkali pH dan fazla etkilenmez. Sıcak ve derin dolaşımli jeotermal sularda bolca bulunur. Dolayısıyla jeotermal aramalarında kullanılmakta olup jeotermal anomaliyi belirtici rol oynar.



Şekil 4.34. İncelenen sulara ait Cl anomali haritası.

İnceleme alanı ve yakın civarı için hazırlanan Cl anomali haritasında özellikle Kuşçu köyünün kuzeybatısında yer alan İçmeler mevkiinde diğer örnekleme noktalarına

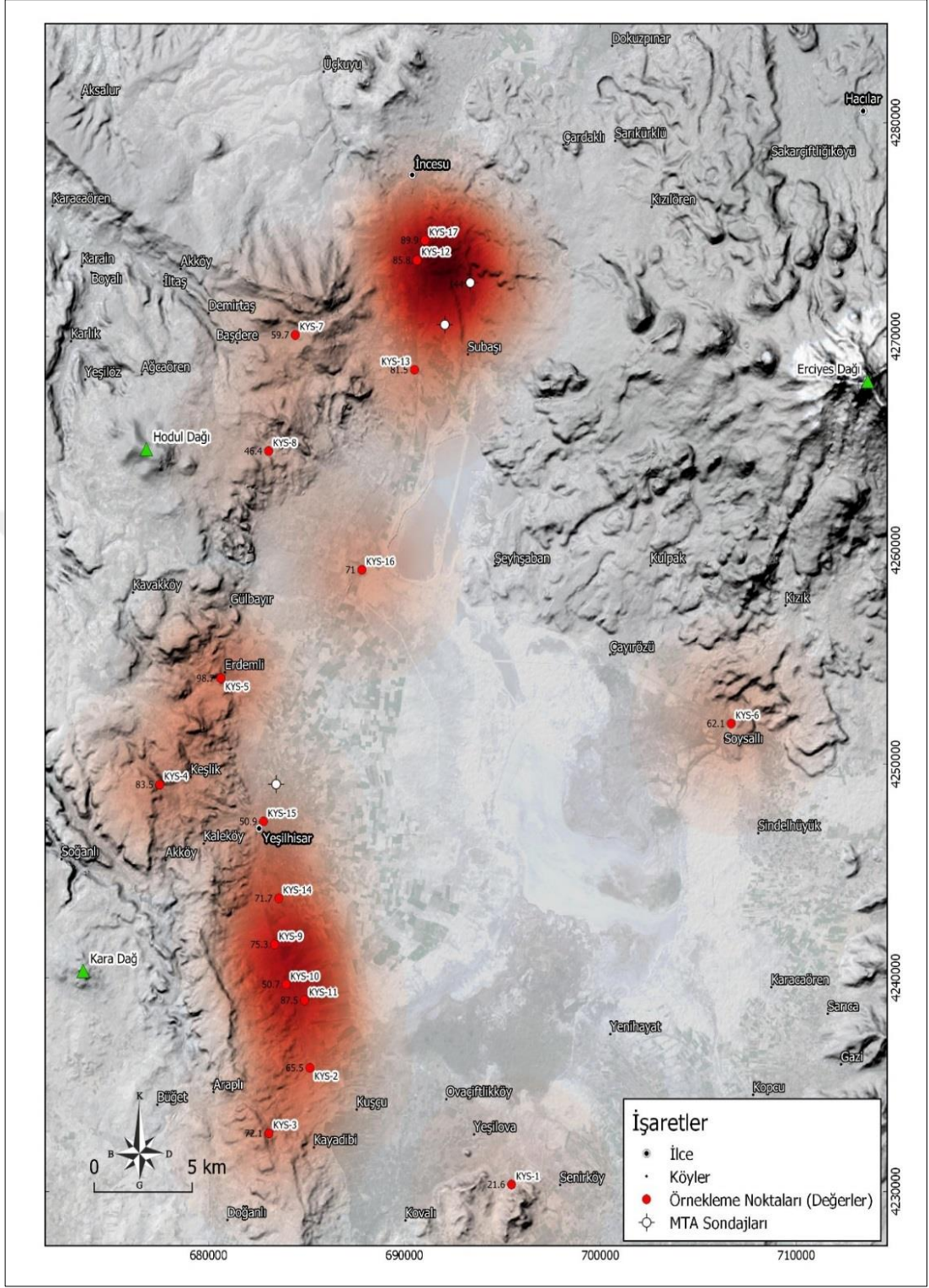
oranla yüksek Cl konsantrasyonu gözlenmiştir. (Şekil 4.34). Bu durum İçmeler mevki ve bu suların incelenen diğer sulara oranla daha derin dolaşımli olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu suların Yeşilhisar formasyonu içerisindeki evaporitik seviyeler ile etkileşimde olduğu ve KJS (KİS-2016/06) sondajı suyu ile benzer kimyasal bileşimli ve jeotermal rezervuardan gelen suyun etkisindedir.

4.9.2 Silika dağılım haritası

Doğal sularda çözünmüş silisin büyük bir kısmı silikat minerallerinin kimyasal bozulmasından gelmekte olup silisyumun yer kabuğundaki jeokimyası gerçekte SiO_2 'in veya silikatların jeokimyasıdır.

Doğal sularda çözünebilen silis birçok oluşuklarda ve silikatlarda bulunur. Killerin ilkel maddesidir ve jeotermal sularda yüksek miktarda SiO_2 yüksek sıcaklık göstergelerinden biridir.

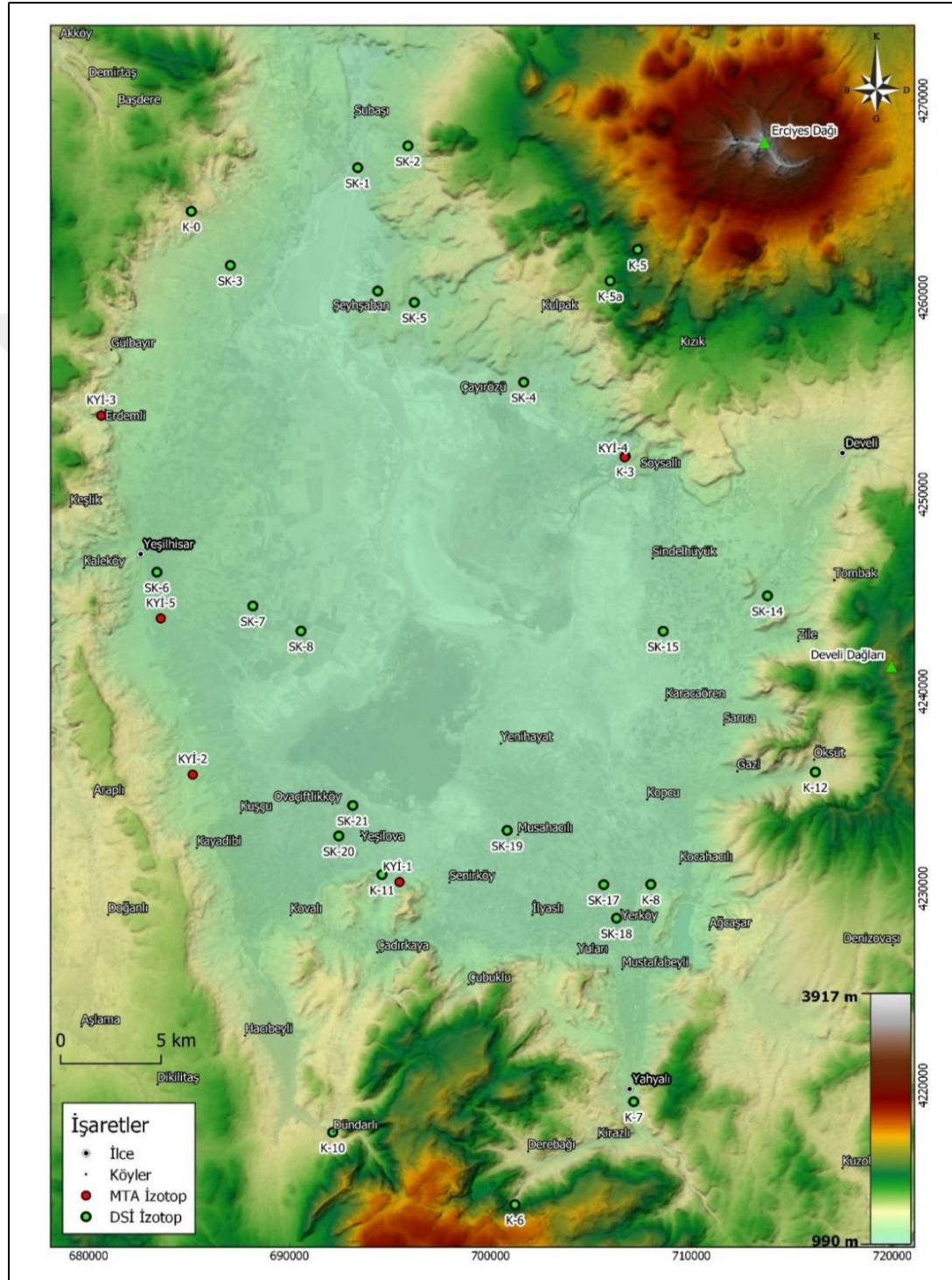
SiO_2 dağılım haritasında, Kayadibi köyü ile Yeşilhisar ilçesi arasında ve İncesu ilçesinin güneyinde daha yüksek değerler olmasına karşın; Yeşilhisar fayı boyunca genel bir yüksek silis oranı dikkat çekmektedir. İnceleme alanı Kapodakya volkanik platosu içinde kaldığı için SiO_2 değerlerinin bu saha için yapılan jeotermal değerlendirmelerde yanıltıcı olabilir ancak, İçmece civarı ve sondajla elde edilen akışkanın yüksek silis miktarı jeotermal aktivite ile ilişkilidir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. İnceleme alanına ait SiO₂ anomali haritası.

4.10 Çevresel İzotop Çalışmaları

İncelenen suların beslenme-boşalım ilişkileri $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$, yeraltısuyu geçiş süreleri ise ^3H izotop analiz sonuçları yardımıyla saptanmaya çalışılmıştır. İncelenen sulara ait yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.10'de sunulmaktadır.



Şekil 4.36. İnceleme alanından alınan izotop örneklerinin (proje ve DSİ) lokasyonları.

Çizelge 4.10. İncelenen sular izotop analiz sonuçları (SK: Su kuyusu K: Kaynak).

Örnek	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	^3H (TU)	Z (m)	Döteryum Fazlası
KYİ-1	-10,45	-73,42	3,43	1,096	10,18
KYİ-2	-11,52	-85,51	0,69	1,155	6,65
KYİ-3	-11,99	-85,65	0,01	1,21	10,27
KYİ-4	-11,76	-76,69	0,58	1,077	17,39
KYİ-5	-9,93	-72,84	0,58	1,11	6,6
SK-1	-11,61	-77,58	2,95	1,124	15,3
SK-2	-9,94	-72,35	3,45	1,086	7,17
SK-3	-10,69	-76,47	1,2	1,132	9,05
SK-4	-11,57	-77,94	7,75	1,086	14,62
SK-5	-11,54	-77,33	3,85	1,099	14,99
SK-6	-9,43	-70,64	13,5	1,112	4,80
SK-7	-9,89	-75,4	1,4	1,09	3,72
SK-8	-9,99	-75,93	0	1,085	3,99
SK-14	-11,19	-78,52	0,6	1,119	11,00
SK-15	-11,65	-81,51	0	1,082	11,69
SK-17	-11,48	-78,71	5,9	1,082	13,13
SK-18	-10,94	-77,21	10,15	1,098	10,31
SK-19	-11,04	-78,55	0,15	1,078	9,77
SK-20	-10,64	-76,33	6,65	1,086	8,79
SK-21	-11,47	-81,51	0,9	1,081	10,25
K-0	-11,28	-80,29	0	1,277	9,95
K-1	-11,48	-79,51	0	1,075	12,33
K-3	-11,56	-78,69	1,75	1,064	13,79
K-5	-11,74	-80,48	5,4	1,611	13,44
K-5a	-11,53	-80,12	9,65	1,867	12,12
K-6	-11,51	-79,11	8,9	1112	12,97
K-7	-11,32	-78,15	9,12	1,17	12,41
K-8	-11,07	-76,16	9,5	1,09	12,40
K-10	-11,72	-80,5	11,7	1,342	13,26
K-11	-10,62	-75,57	5,05	1,077	9,39
K-12	-11,49	-77,67	0	1,251	14,25
KİS-2016/06	-11,91	-89,65	0,58	1,602	5,63

4.10.1 Kararlı izotop sonuçlarının değerlendirilmesi

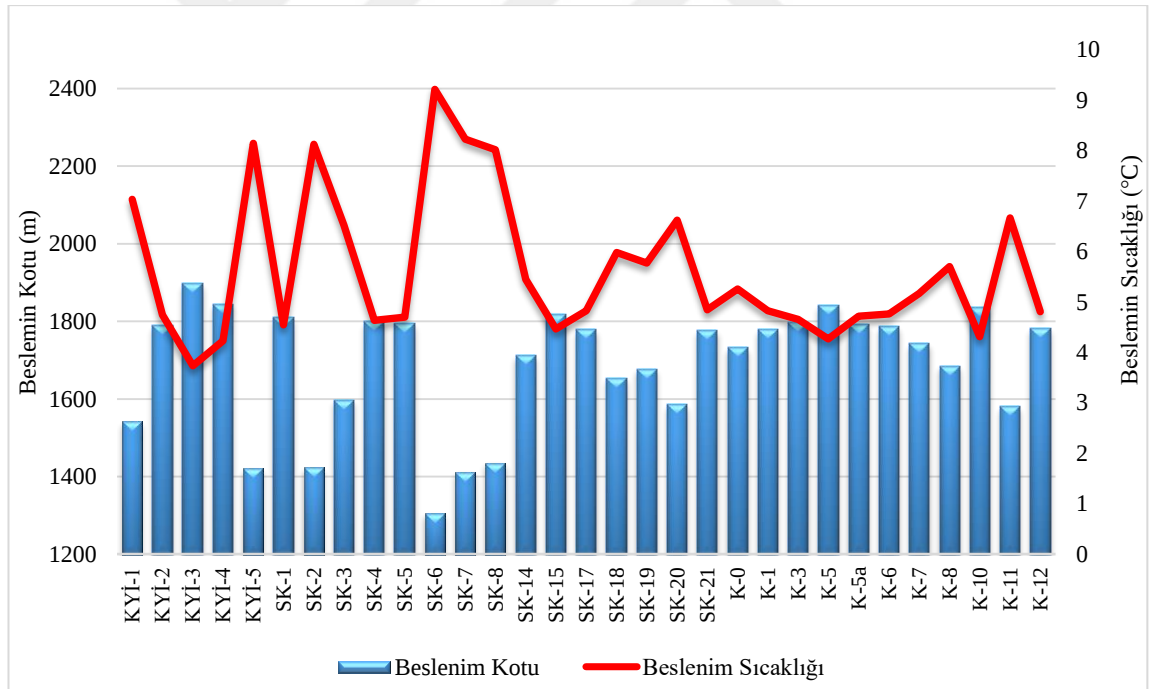
İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerleri sırasıyla -12,01 ‰ ile -9,43‰ ve -85,65‰ ile -70,64 ‰ arasında değişmektedir (Çizelge 4.10). Meteorik suların herhangi bir yerdeki izotop değerinin enlem, boylam ve yüksekliğe bağlı olarak değiştiği göz önüne alındığında, bir jeotermal sahadaki aynı bölgeden alınan su örneklerinin izotopik değerlerindeki değişimden sistemin ortalama beslenme yüksekliği tahmin edilebilir

[65]. Yeraltısuyunun ^{18}O içeriğinin beslenme sıcaklığı açısından değerlendirilmesi için ^{18}O -hava sıcaklığı ilişkisinin belirlenmesi gerekir. Bu ilişki ile hesaplanan beslenme sıcaklıklarına karşılık gelen beslenme yükselteleri ise hava sıcaklığının kot ile değişiminden hareket ile belirlenir. Ankara, Adana ve Antalya meteorolojik gözlem istasyonları verilerinden elde edilen, Özyurt (2005) [68]. tarafından önerilen ve Bayarı (2009) [69] tarafından geliştirilen deneye dayalı ortalama yıllık hava sıcaklığının (4.1) ve sıcaklığa bağlı kotun belirlenmesi için kullanılan (4.2) eşitlikler aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Ortalama Yıllık Hava Sıcaklığı (OYHS)}(^{\circ}\text{C}) = (^{18}\text{O} + 12.8) / 0.467 + 2 \quad [69] \quad (4.1)$$

$$\text{Yükseklik (H)}(\text{m}) = -108.T(^{\circ}\text{C}) + 2031 \quad [68] \quad (4.2)$$

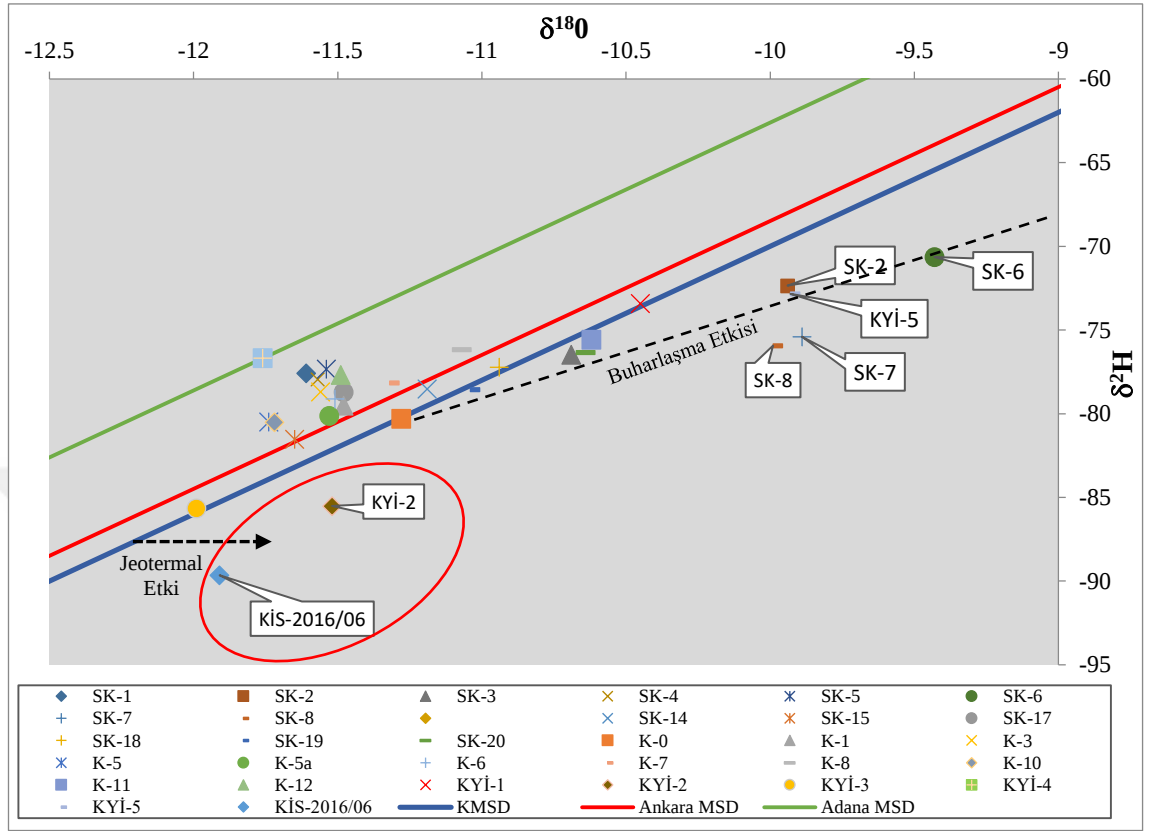
Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak izotop örneklerine ait beslenme kotu ve sıcaklıkları hesaplanmış ve grafik olarak aşağıda sunulmuştur (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. İzotop örneklerinin beslenme sıcaklık ve kotu grafiği.

Suların çevresel izotoplar ile kökensel değerlendirmelerini yapmak için $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerlerinin gösterildiği grafik üzerinde referans kaynak Craig (1961) [66] tarafından tanımlanan küresel meteorik su doğrusu (KMSD), incelenen havzanın coğrafi konumunun Seyhan havzasına yakınlığı nedeniyle Adana meteorik [67] su doğrusu ve

bulunduğu su havzasının Kızılırmak havzası olması nedeniyle Ankara meteorik su doğrusu [67] kullanılmıştır (Şekil 4.38).



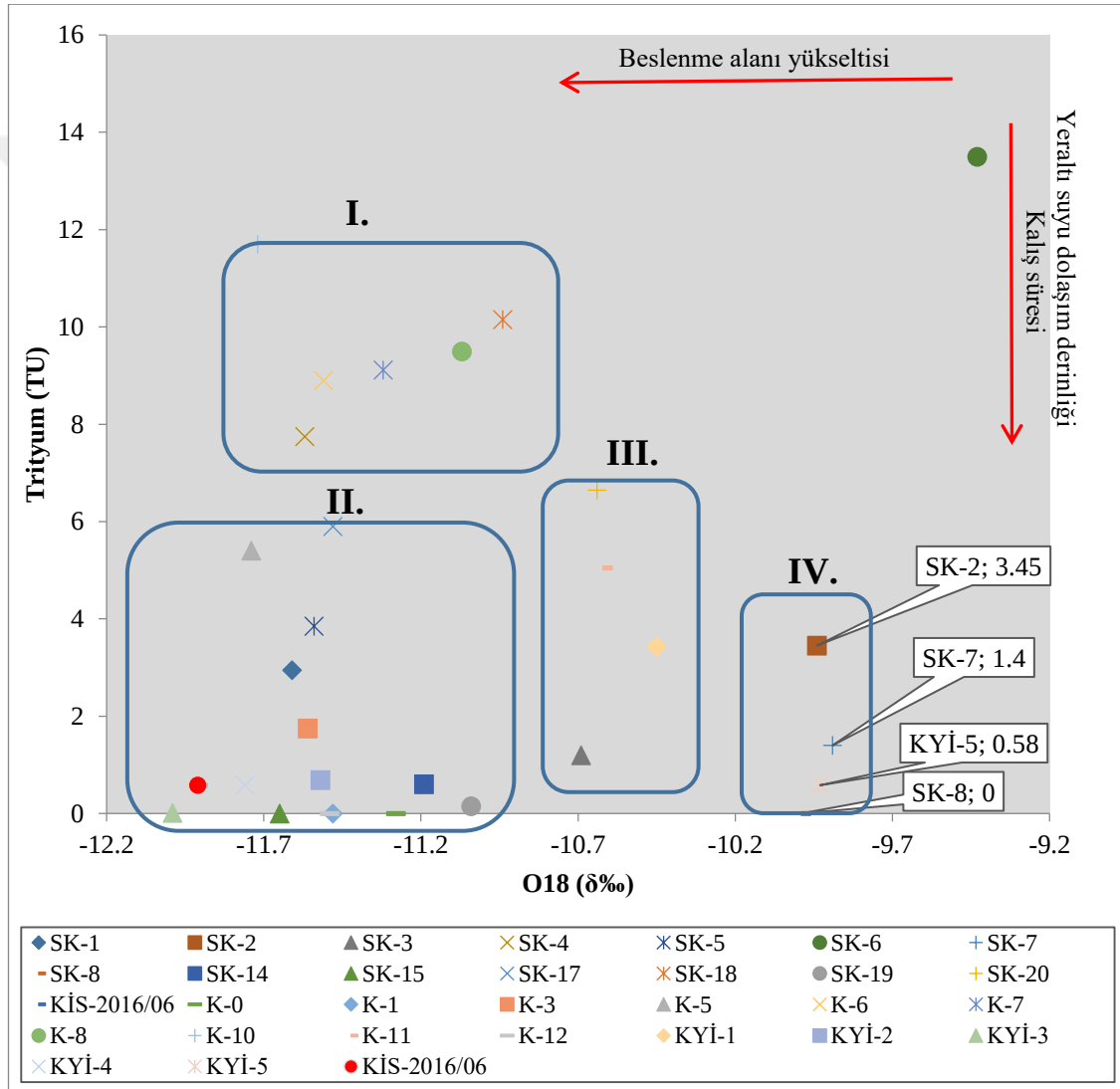
Şekil 4.38. İnceleme alanındaki örneklerle ait $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiği.

İncelenen su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ diyagramına göre üzerindeki meteorik su doğruları üzerinde kalanlarını meteorik kökene işaret etmektedir (Şekil 4.38). Yüksek kottan beslenen sularda ^{18}O değerinin düşük ($\delta < \text{‰} -11,5$), ovada ve Yeşilhisar çevresinde düşük kotlardan beslenen örneklerde ise ^{18}O değeri ($\delta > \text{‰} -10$) yüksektir. Buna göre Yeşilhisar ve çevresi sularının Erciyes ve Aladağlar' dan beslenen kaynaklara göre daha düşük kotlardan beslendiği anlaşılmaktadır.

Meteorik Su Doğruları sağına kayan ve Yeşilhisar civarında yer alan SK-6, KYİ-5, SK-7 ve SK-8 örneklerinde, ^{18}O ve ^2H ' ce zenginleşme görülmektedir. Yakın civarda herhangi bir jeotermal kökenli su olduğu değerlendirilen kaynak bulunmadığından bu bölgedeki ^{18}O zenginleşmesi yüzey buharlaşması kaynaklıdır. Dünya Meteorik Doğrusunun (küresel meteorik doğru) y eksenini kestiği nokta "Döteryum Fazlası" olarak tanımlanır ve yağışa kaynak oluşturan deniz suyunun buharlaşma miktarının bir göstergesidir. İnceleme alanında düşük Döteryum fazlası (Df) buharlaşma etkisini

4.10.2 Trityum sonuçlarının değerlendirmeleri

İnceleme alanından alınan proje suları ve DSİ örnekleri analiz sonuçlarına göre, suların trityum içerikleri 0 ile 13,5 TU arasında değişmiştir. Buna göre sahada yer alan soğuk sulardan TU>7 olan sular güncel yağış suyu ile beslenmektedir. DSİ ve proje kapsamındaki örnekler arasında her ne kadar yaklaşık 10 yıllık bir süre de olsa, sahadan birbirine yakın noktalardan alınan örnekler arasındaki ^3H değerlerindeki fark analiz ölçüm hata sınırları da göz önüne alındığında %10'luk dilim içerisinde kalmış ve değerlendirmelere katılmıştır.

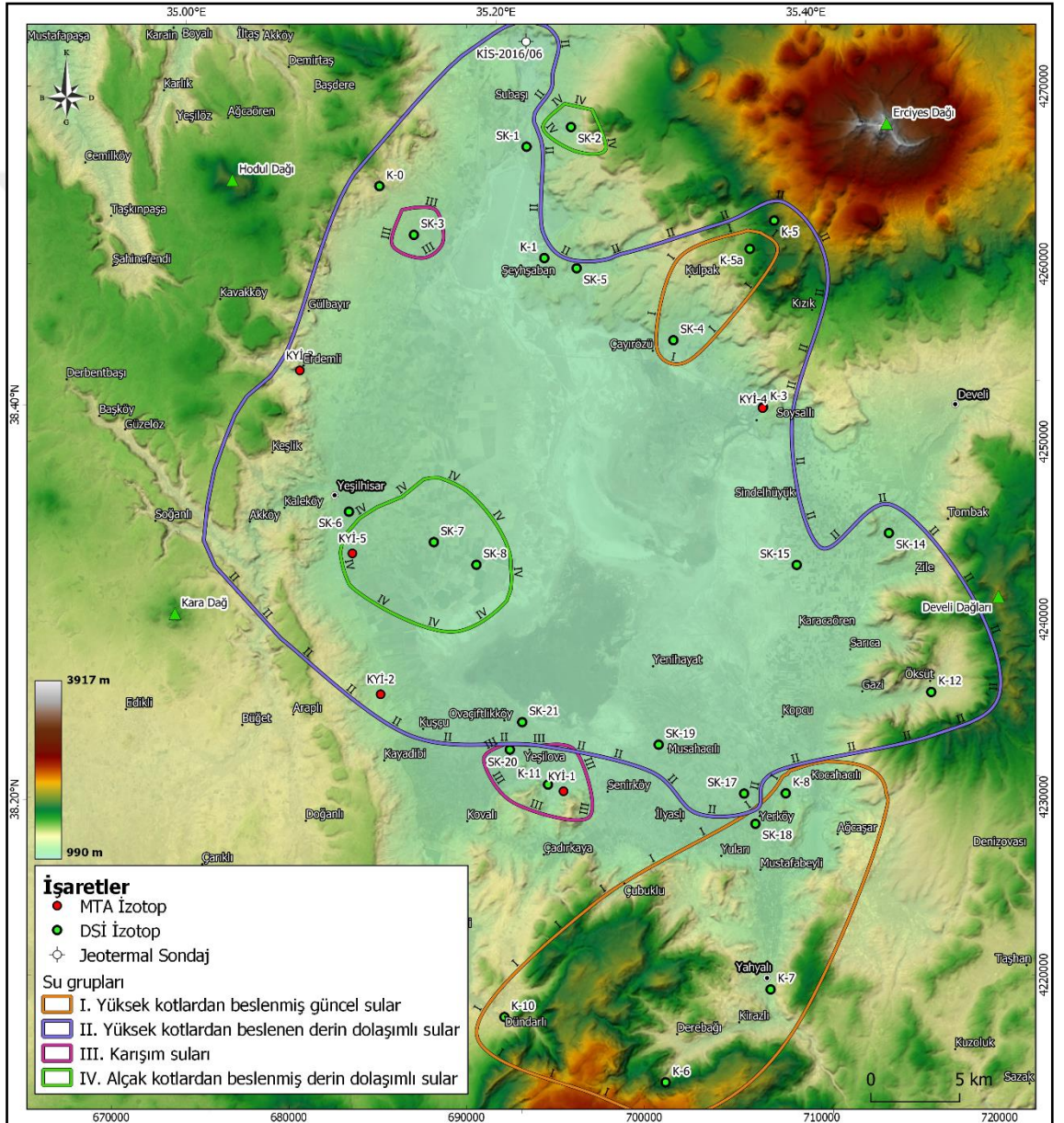


Şekil 4.40. İnceleme alanındaki suların trityum içerikleri.

Sulardaki düşük trityum değerleri görece olarak uzun (0-5TU), orta (5-10 TU) ve kısa (>10TU) geçiş süresine, küçülen Oksijen-18 değerleri yüksek beslenme alanı yüksekliğine işaret eder. İnceleme alanından alınan örneklerin Oksijen-18 ve Trityum

içeriklerine göre I. grupta yer alan sular yüksek kotlardan beslenmiş güncel, II. gruptaki sular ise yine yüksek kotlardan beslenen derin dolaşimli olup, III. gruptaki sular karışım IV. grup sular alçak kotlardan beslenmiş derin dolaşım özelliklidir.

Yeşilhisar yakınında bulunan 92 no.lu pancar kooperatifince açılmış olan kuyu (SK-6) alçak kotlardan güncel yağış sularıyla beslenmiştir. Diğer tüm örnekler Oksijen-18 ve trityum içeriklerine göre dolaşım süreleri ve beslenme alanı yüksekliğine gruplandırılmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Örneklerin Oksijen-18 ve trityum içerikleri kullanılarak, dolaşım süreleri ve beslenme alanı yüksekliğine göre gruplandırılması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceleme alanında yapılan jeolojik çalışmalar ile alanın stratigrafik istifi ve fayların konumları ortaya konulmuştur. Sahada Eosen, Oligosen, Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökellerin içerisinde yer alan sedimanter ve volkanosedimanter birimlerin örtü kayacı, stratigrafik seride altta yer alan Paleozoyik yaşlı Yelibel ve Karlığın-tepe formasyonlarına ait rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mermerlerin kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu seviyelerinin ise rezervuarı oluşturabileceği öngörülmüştür.

Jeofizik Rezistivite DES (düşey elektrik sondaj) ölçümlerinde özellikle Yeşilhisar fayı boyunca ölçülerin sıklaştırıldığı makaslama zonlarında, jeotermal anomali oluşturabilecek birkaç nokta belirlenmiş olup fakat Sultansazlığı Havzası'ndaki yoğun tuzluluk nedeniyle bu anomalilerin bir kısmı formasyoneldir.

MT (manyetotellürik) çalışmalarında alınan profiller Yeşilhisar fay zone'nu dik açıyla kesecek ve sahanın jeotermal potansiyelini ortaya koyabilme hedefine ışık tutacak şekilde seçilmiştir. Yeşilhisar ilçesinin kuzeyinde alınan P5 profilinde çökel birimlere ait düşük öz dirençli etkilerin haricinde, yüzey öz direnç değerlerinin 036 no.lu MT istasyonunun atında bulunan derin etki ile düşüş sergilemektedir.

DES ve MT ölçümleri kullanılarak görünür eş rezistivite seviye haritaları, temel topoğrafya haritası, görünür eş öz direnç ve jeoelektrik yapı kesitleri hazırlanmıştır. Alınan bu rezistivite ölçümleri ve oluşturulan harita ve kesitler MT ölçümleriyle karşılaştırılarak jeotermal yönden olumlu olabilecek bölgeler tespit edilmiş ve sondajlar yapılmıştır.

İnceleme sahasında yapılan sondajlardan en başarılısı kabul edilen KİS-2016/06 (KJS) sondajında artezyen ile 27 L/s. debi, 52,2 °C sıcaklık ve kompresörle 35 L/s. debide sıcak su üretimi sağlanmıştır. Gerek jeofizik, gerek hidrojeokimya gerekse yapısal unsurlar açısından en olumlu görülen yerde yapılan ve en derin sondaj çalışması olan, Yeşilhisar Karacabey (KYK-2017/04) sondajında muhtemel jeotermal rezervuar hedeflenmiş ancak rezervuara girilememiştir.

Çalışmalar kapsamında inceleme alanı ve yakın civarında, sıcaklıkları 12,7-22,3 °C arasında değişen 17 adet kaynaktan numuneler alınmış ve MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarları'nda yapılan analizlere ait sonuçlar değerlendirilerek, bu suların kökeni

hakkında yorumlar yapılmıştır. Proje kapsamında 5 izotop örnek alınmış olup; DSİ Kayseri Bölge Müdürlüğü tarafından 2004 yılında alınmış olan 26 adet analiz de değerlendirmeye katılarak, toplamda 31 izotop örneği üzerinden yorumlar yapılmıştır.

İnceleme alanındaki örneklerin çoğunluğunda (KYS-1,3,4,5,7,8,12,15,16,17) katyonlarda Ca^{+2} ve anyonlarda ise HCO_3^- baskın iyon olup bu sular Ca-HCO_3 fasiyesindedir. Yeşilhisar içmecesi ve civarı (KYS-2, 11) suları ile jeotermal sondaj (KİS-2016/06) örneklerinde katyonlarda Na ve anyonlarda ise Cl^- baskın, KYS-6, 10, 13 örneklerinde katyonlarda Na ve anyonlarda ise HCO_3^- ve SO_4^{-2} baskın iyon, KYS-9 ve 14 örneklerinde ise katyonlarda Mg ve anyonlarda ise HCO_3^- baskın iyonudur.

İnceleme alanının hidrojeokimyasal yapısının değerlendirilmesi amacıyla yapılan ve yukarıda sonuçları verilen örnekleme yanısıra KİS-2016/6 jeotermal (KJS) sondaj çalışmalarının tamamlanmasından sonra sondaj suyu ile yakın çevre soğuk ve sıcak suların etkileşiminin ortaya konabilmesi amacıyla Bayramhacılı (BHMS), Dokuzpınar (DPS), Yeşilhisar mineralli suyunun (YMS) ve KJS'den tekrar örnekleme yapılmıştır. Buna göre YMS ve KJS Schoeller yarı logaritmik diagramı üzerinde benzer bir paralellik sunmaktadırlar. KJS, YMS göre Na ve Cl iyonları açısından zengin Mg iyon derişimi yönünden fakirdir. Bunun nedeni içmece suyunun KJS suyuna göre nispeten daha sık ve hızlı dolaşıma sahip olması ve dolaşım süresi boyunca kayaçlar ile yeteri kadar temasta bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

İnceleme alanı ve yakın civarı için hazırlanan Cl^- anomali haritasında özellikle Kuşçu köyü kuzeybatısında yer alan İçmeler mevkiinde diğer örneklere noktalarına oranla yüksek Cl konsantrasyonu gözlenmiştir. Bu durum bu suların, inceleme alanındaki sulara oranla daha derin dolaşımli olduğu, Yeşilhisar formasyonu içerisindeki evaporitik seviyeler ile etkileşimde olduğu ve KİS-2016/06 sondajında elde edilen su ile benzer kimyasal kompozisyonda olması dolayısıyla içmece ve civarında örnekleme sularında jeotermal su etkisi bulunmaktadır.

SiO_2 dağılım haritasında, Kayadibi köyü ile Yeşilhisar ilçesi arasında ve İncesu ilçesinin güneyinde daha yüksek değerler olmasına karşın; Yeşilhisar fayı boyunca genel bir yüksek silis oranı dikkat çekmektedir. İnceleme alanı Kapodakya volkanik platosu içinde kaldığı için SiO_2 değerlerinin bu saha için yapılan jeotermal

değerlendirmelerde yanıltıcı olabilir ancak, İçmece civarı ve sondajla elde edilen akışkanın yüksek silis miktarı jeotermal aktivite ile ilişkilidir.

İncelenen su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ diyagramına göre üzerindeki meteorik su doğruları üzerinde kalanlarını meteorik kökene işaret etmektedir. Yüksek kottan beslenen sularda ^{18}O değerinin düşük ($\delta < \text{‰} -11,5$), ovada ve Yeşilhisar çevresinde düşük kotlardan beslenen örneklerde ise ^{18}O değeri ($\delta > \text{‰} -10$) yüksektir. Buna göre Yeşilhisar ve çevresi sularının Erciyes ve Aladağlar'dan beslenen kaynaklara göre daha düşük kotlardan beslendiği anlaşılmaktadır.

Meteorik Su Doğrularının sağına kayan ve Yeşilhisar civarında yer alan SK-6, KYİ-5, SK-7 ve SK-8 örneklerinde, ^{18}O ve ^2H 'ce zenginleşme görülmektedir. Yakın civarda herhangi bir jeotermal kökenli su olduğu değerlendirilen kaynak bulunmadığından bu bölgedeki ^{18}O zenginleşmesi yüzey buharlaşması kaynaklıdır. Döteryum fazlası değerlerindeki düşüklük de bu örnekler için buharlaşmayı desteklemektedir. Trityum değerlerine göre SK-6 dışındaki örneklerin tümü derin dolaşımli düşük kotlardan beslenen sulardır. Ancak KİS-2016/06 (KJS) ve KYİ-2 (YMS) örneklerinde ise ^{18}O değerinin düşüklüğünün ($\delta < \text{‰} -11,5$) su kayaç etkileşimi yani jeotermal etki sebebiyle olduğu görülmüştür.

İnceleme alanından alınan örneklerin Oksijen-18 ve trityum içeriklerine göre dolaşım süreleri ve beslenme alanı yüksekliği değerlendirildiğinde sular yüksek kotlardan beslenmiş güncel sular, yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımli sular, karışım suları, alçak kotlardan beslenmiş derin dolaşımli sular olarak gruplandırıp haritalanmıştır.

İncelenen sularda tahmini en yüksek rezervuar sıcaklıkları, BHMS için 87°C , KJS için 159°C , YMS için 116°C olarak hesaplanmıştır. KJS sondaj çalışması ile elde edilen su ile bu jeotermal alanda elde edilebilecek en yüksek rezervuar sıcaklığının 159°C olabileceği öngörülmektedir. İnceleme alanında açılmış en derin sondaj çalışmasında kuyu tabanında da $116,12^\circ\text{C}$ sıcaklık ölçülmüş olup bu değer hesaplanan rezervuar sıcaklığı ile paralellik göstermektedir. Alanın gerçek jeotermal potansiyelin ortaya konulması amacıyla söz konusu bölgede derin bir araştırma sondajına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. URL-1 <<http://www.thinkgeoenergy.com/installed-geothermal-power-generation-capacity-reaches-14013-mw>> Erişim Tarihi: 16.12.2017.
2. T.C Kalkınma Bakanlığı, 2015. 10. Kalkınma Planı (2014-2018) Madencilik politikaları özel ihtisas komisyonu raporu, Ankara, 63.
3. Fanelli, M. H. ve Dickson M., 2003. Geothermal energy, Geothermal Energy Utilization And Technology, UNESCO, Paris, 8.
4. Pasquare, G., 1968. Geology of the cenozoic volcanic area of central anatolia: atti della accad. nazio. die. linceli memorie, 3, 55-204.
5. Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, I. ve Zanchi, A., 1987. Central arc volcanism and tectonic setting in central Anatolia, Tectonophysics, Amsterdam, 146, 217-230.
6. Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radiciatidibrozolo, F. ve Villari, L., 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of central anatolia: geochronological data on Kayseri-Niğde area, Geol. Mag., 112, 349-360.
7. Batum, İ., 1978. Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, 4, 50-69.
8. Ketin, İ., 1983. Türkiye jeolojisine genel bir bakış, İTÜ yayını, İstanbul, 1259, 595.
9. Güner, Y., Emre, Ö. ve Baş, H., 1984. Erciyes yanardağının jeolojisi ve jeomorfolojisi, MTA Gen. Md. Derleme rapor No: 7570, Ankara.
10. Mumcuoğlu, G., 1985. Uzaktan algılama yöntemleri ile niğde-nevşehir-kayseri Yöresinin jeolojisi ve tektoniğinin incelenmesi, MTA. Rapor No: 7947, MTA, Ankara.
11. Özgür, R., 1986. Erciyes Kalderası. Türkiye 10. Jeomorfoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, Ankara.
12. Ercan, T., 1986. Orta Anadolu Senozoyik Volkanizması. MTA Genel Müdürlüğü Dergisi, 107, Ankara.
13. Atabey, E., 1988. Hacıbektaş-Gölşehir-Kalaba (Nevşehir), Himmetdede (Kayseri) Arasının Jeolojisi MTA, Rapor No: 8523, MTA, Ankara.
14. Özmutaf, M., ve Tekin, Z., 1990. Kayseri-Himmetdede-Çiftgöz Kaplıcası Jeoloji-Hidrojeoloji Etüdü MTA, Rapor No: 8981, MTA, Ankara.
15. Beekman, P. H., 1966. İncesu bölgesinin (Kayseri) jeolojik ve volkanolojik etüdü, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6880, MTA, Ankara.
16. Günelay, M.E., 1976. Kayseri merkez Ambar köyü civarında bulunan maden kömürü sahası raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 3169, MTA, Ankara.
17. Erkan, E. N., 1978. Kayseri-Yahyalı Karamada ve Kovalı yöresi demir madenleri. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6609, MTA., Ankara.
18. Güner, Y., Emre, Ö. ve Baş, H. 1984. Erciyes yanardağının jeolojisi ve jeomorfolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7570, MTA., Ankara.
19. Afşin, M., Elhatip, H., Dirik, K., Kuşcu, İ., Kavurmacı, M. ve Kurmac, Y., 2002, Kayseri-İncesu-Himmetdede ve dolayındaki sıcak ve mineralli su kaynaklarının

hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi, TÜBİTAK ÇAYDAG 199Y041 no'lu proje, Aksaray, 69.

20. Nukman, M. ve Moeck I., 2013. Structural controls of a geothermal system in the Tarutung Basin, north central Sumatra. *J Asian Earth Sci.*, 74, 86-96.
21. Faulds, J.E., Bouchot V., Moeck, I. ve Oguz K., 2009. Structural controls of geothermal systems in western Turkey: a preliminary report, *Geothermal Resource Council Trans.*; 33-375, 83.
22. Hochstein, MP., Zheng, K., Pasvanoğlu ve S., Vivian-Neal P., 2013. Advective (heat sweep) geothermal systems, In *Proceedings of the 38th workshop on geothermal reservoir engineering*, Stanford University, Stanford, California, 198.
23. White, D. ve Williams, D., 1975. Assessment of geothermal resources in the United States – 1975, *USGS*, 726, 155.
24. Hochstein, MP., 1988 Assessment and modelling of geothermal reservoirs (small utilization schemes), *Geothermics*, 17, 15-49.
25. Williams, CF., Reed, M.J. ve Anderson AF., 2011. Updating the classification of geothermal resources. In: *Proceedings 36th workshop on geothermal reservoir engineering*, Stanford University, Stanford, California, 191.
26. McCoy, West, A., Milicich S., Robinson, T., Bignall G. ve Harvey CC., 2011 Geothermal resources in the Pacific Islands: The potential of power generation to benefit indigenous communities, In *Proceedings of the 36th workshop on geothermal reservoir engineering*, Stanford University, Stanford, California, 191.
27. Fournier, R.O. ve Truesdell Ah., 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters, *Geochim Cosmochim Acta*, 75, 37-1255.
28. Reed, M.J., 1983. Assessment of low-temperature geothermal resources of the United States-1982, 73, 892.
29. Flynn, G. ve Ghusn Jr. G., 1983. Geologic and hydrogeologic research in the Moana geothermal system, *Geotherm Resources Council Trans.*, Washoe County, Nevada, 7, 21-417.
30. Nicholson, K., 1993. *Geothermal fluids: Chemistry and exploration techniques*, Berlin-Heidelberg, Springer, 263.
31. Faulds, J.E., Moeck, I., Drakos, P., Zemach, E., 2010. Structural assessment and 3D geological modeling of the Brady's Geothermal Area, In: *Proceedings of the 35th Workshop on geothermal*, Churchill County, Nevada, USA.
32. Faulds, J.E., Coolbaugh, M., Bouchot, V., Moeck, I. ve Oguz, K., 2010. Characterizing structural controls of geothermal reservoirs in the basin and range, USA and western Turkey: developing successful exploration strategies in extended terranes, In *Proceedings of the WGC 2010*, Bali, Indonesia, 1163, 11.
33. Jolie, E., Faulds, J. ve Moeck, I., 2012. The development of a 3D structural geological model a part of the geothermal exploration strategy - A case study from the Brady's geothermal system, Nevada, USA. In *Proceedings of the 37th Workshop on geothermal reservoir engineering*, Stanford University, Stanford, California, 194.

34. Cumming, W., 2009. Geothermal resource conceptual models using surface exploration data. In: Proceedings of the 34th Workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford University, Stanford, California, 187.
35. Koçyiğit, A., Erol, O., 2001. A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, Turkey, *Geodinamica Acta*, 14, 133-145
36. Koçyiğit, A. ve Özacar, A., 2003. Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data, *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 67-90.
37. Koçyiğit, A. ve Beyhan, A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics* 284, 317-336.
38. Dirik, K., 2001. Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Turkey, *Geodinamica Acta*, 14, 147-158.
39. Şengör, A. M. C., 1980. Türkiye neotektoniğinin esasları, TJK konferans dizisi, 40, Ankara.
40. Dokuz, U.E. 2008. Bayramhacılı-Tekgöz ve Çiftgöz (Kayseri) sıcak ve mineralli sularının hidrokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
41. Tekeli, O., Aksoy, A., Ertan, İ.E., Işık, A. ve Ürgün, B. M., 1981. Toros ofiyolit projeleri (Aladağ projesi). MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6976, Ankara.
42. Ayhan, A., Lengeranlı, Y., 1986, Yahyalı-Demirkazık (Aladağlar Yöresi) arasının tektonostratigrafik özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27, 31-45.
43. Schmidt, C. C., 1960. AR/MEM/365-366-367 sahalarının nihai terk raporu. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
44. Birgili, Ş. ve Yoldaş, R., Ünal, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 5621, 168 s., Ankara.
45. MTA, 1997. 1/100.000 ölçekli açınama nitelikli Türkiye jeoloji haritalar serisi Kırşehir-G19 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
46. MTA, 2010. 1/100.000 ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kayseri-L34 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
47. Kutluğ, H., 2009, Develi Yeşilhisar Ovası Jeofizik Etüt Raporu, DSİ Raporu.
48. Yıldız, E., F., 2007, Kayseri- Sultansazlığı Sulak Alanı'nda Yeraltı Ve Yerüstü Suları İlişkisinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 239 s.
49. Dönmez, M., Türkecan, A. ve Akçay, A. E., 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanitleri, MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10575, Ankara.
50. Schumacher, R., Keller, J., Bayhan, H., 1990. Depositional characteristics of in Gappodocia, Central Anotolia-Turkey, *Proceedings of IESCA Cong.*, (ED Savaşın an Eronat), 2, 435-449.
51. Türkecan, A., Acarlar, M., Dönmez, M., Hepşen, N. ve Bilgin, R. 1998. Kayseri (Bünyan-Develi-Tomarza) yöresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 10186, Ankara.
52. MTA, 2005. 1/100.000 ölçekli açınama nitelikli Türkiye jeoloji haritalar serisi Kayseri-K34 paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.

53. Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J.İ, Ui., T, Natsu, K. ve Fujitani, T., 1994. Erciyes Dağı (Orta Anadolu) Pliyo-Kuvaterner volkanizmasına ilişkin yeni jeokimyasal izotopik radyometrik veriler ve jeotermal enerji açısından önemi, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturumu, 208-222.
54. Yalçınlar, İ., 1969. Strüktürel morfoloji, İstanbul Üniversitesi Yayını, 878-943.
55. Karaca, S., 2017. Yeşilhisar-İncesu (Kayseri) Ar: 38/2014-11, Ar: 38/2014-12, Ar: 38/2014-13, Ar: 38/2014-14, Ar: 38/2014-15 Ve Ar: 38/2015-01 No.Lu Jeotermal kaynak arama ruhsat alanlarına ait jeotermal etüt (Jeoloji-Jeofizik) Raporu, Rapor No: 18620, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
56. İldeş, L., 2018. Kayseri-İncesu-Subaşı KİS-2016/6 jeotermal araştırma sondajı kuyu bitirme raporu, Rapor No: 13720, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
57. Kesgin Ö., 2019. Kayseri-İncesu-Subaşı KİS-2016/9 jeotermal araştırma sondajı kuyu bitirme raporu, Rapor No: (Hazırlanmakta), MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
58. Karaca S., 2019. Kayseri- Yeşilhisar-Karacabey KYK-2017/4 Jeotermal Araştırma Sondajı Kuyu Bitirme Raporu, Rapor No: (Hazırlanmakta), MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
59. Tarcan, G., 2002. Jeotermal su kimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 11-21 Haziran 2002, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, İzmir, 198-245.
60. Öngür, T., 1977. Hidrotermal sistemlere uygulanan jeotermometreler. Yeryuvarı ve insan, 2, 71-80.
61. Giggenbach, W. F., 1983. Gonfiantini, R., Jangi, B. L. ve Truesdel, A. H., Isotopic and Chemical Composition of Parbatia Valley Geothermal Discharges, NW-Himalaya, India, Geothermics, 12, 199-222.
62. Fournier, R. O. 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems, Geothermics, 5, 41-50.
63. IAH, 1979. Map of mineral and thermal water of Europe Scale: 1:500.000, International Association of Hydrogeologists, United Kingdom.
64. Nicholson, K., 1993. Geothermal fluids chemistry and exploration techniques, 23-24, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
65. Palabıyık, Y., 2006. Kütahya-Simav Jeotermal Sahası'nın jeokimyasal değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.
66. Craig, H., 1961., Standarts for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters Science, 133, 1833-1834.
67. Dilaver, A.T., Aydın, B., Özyurt, N.N. ve Bayarı, C.S., 2018, Türkiye yağışlarının izotop içerikleri (2012-2016), DSİ-TAKK ve MGM-AD, Ankara, 44.
68. Özyurt, N., 2005. Aladağ (Kayseri-Adana) Karstik Akiferinde Yeraltısuyu Geçiş Zamanı Dağılımının İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Ankara.
69. Bayarı C. S., 2009 Radiocarbon age distribution of groundwater in the Konya Closed Basin, central Anatolia, Turkey, Hydrogeology Journal-17, 347-365.

70. Afşin, M, Kuşçu, E., Elhatip, H. ve Dirik, K. 2005. Hydrochemical properties of CO₂ rich thermal-mineral waters in Kayseri (Central Anatolia), Turkey. *Environmental Geology*, 50, 24-36.



EKLER

EK A. İncesu-Yeşilhisar (Kayseri) civarına ait jeoloji haritası



BU SAYFA HARİTA İÇİN AYRILDI



ÖZGEÇMİŞ



Adı ve Soyadı :Macit KARADAĞLAR

Adres :MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı Çankaya/Ankara

E-posta adresi :macit.karadaglar@mta.gov.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lise : Kurtuluş Süper Lisesi, 1996-2000

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Müh., 2000-2004

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, 2015-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. MTA Genel Müdürlüğü 2004-2019

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

Kongrelerde Sunulan Makaleler